



# L'identification des mots au cours de la lecture - Doctorat de Troisième Cycle en Psychologie

Pierre Courrieu

## ► To cite this version:

Pierre Courrieu. L'identification des mots au cours de la lecture - Doctorat de Troisième Cycle en Psychologie. Réseau de neurones [cs.NE]. Université de Provence (Aix-Marseille 1), 1983. Français. NNT: . tel-01273401

**HAL Id: tel-01273401**

**<https://hal.science/tel-01273401>**

Submitted on 12 Feb 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Provence

Aix-Marseille 1

## **L'identification des mots au cours de la lecture**

Thèse présentée pour l'obtention d'un

**Doctorat de Troisième Cycle en Psychologie**

par

**Pierre Courrieu**

Allocataire de Recherche DGRST, L.A. CNRS No 182, Université de Provence  
Conseiller Scientifique au Centre National d'Etudes des Télécommunications  
(CNET-LAA-TSS-SEF), Lannion

Thèse soutenue le 22 décembre 1983 à Aix-en-Provence

Mention "Très Bien" à l'unanimité du jury

### **Jury**

Claude Bastien, Professeur à l'Université de Provence (directeur)

Christian Bolusset, Centre National d'Etude des Télécommunications, Lannion

Ariane Lévy-Schoen, Directeur de Recherche au CNRS, Paris (rapporteur)

Georges Noizet, Professeur à l'Université de Paris V (président)

Joël Pynte, Directeur de Recherche au CNRS, Aix-en-Provence (rapporteur)



FICHER CENTRAL DES THÈSES

UNIVERSITÉ PARIS X - NANTERRE  
200, avenue de la République  
92001 NANTERRE  
Tél. 725.92.34

NUMÉRO D'ENREGISTREMENT : 81189391

(Ce numéro doit être rappelé dans toute correspondance avec  
le Fichier Central des Thèses).

MR. COURRIEU

PIERRE

1088 AVENUE RENOIR

83500 LA SEYNE SUR MER

*ATTESTATION D'ENREGISTREMENT AU FICHER CENTRAL DES THÈSES*

PREMIÈRE INSCRIPTION PRISE EN DECEMBRE 1980

POUR LA PRÉPARATION D'UN DOCTORAT DE 3EME CYCLE

A L'UNIVERSITÉ (ou autre établissement agréé) UNIV. AIX MARS1

SOUS LA DIRECTION DE MR BASTIEN CLAUDE

DISCIPLINE PSYCHOLOGIE

THÈSE SOUTENUE EN DECEMBRE 1983

TITRE DE LA THÈSE

L'IDENTIFICATION DES MOTS AU COURS DE LA LECTURE.

CETTE ATTESTATION DOIT ÊTRE CONSERVÉE

00000013

## SUMMARY

### *Document reference*

Courrieu, P. (1983). L'identification des mots au cours de la lecture [Word recognition in reading]. Doctoral thesis, Vol. 1, Aix-Marseille 1 University, Aix-en-Provence, December 1983, 409 p.

### *Origin*

This document is a doctoral thesis in French, defended on December 22, 1983, at Aix-Marseille 1 University. The original paper document is available, together with two annex volumes including experimental materials and raw data, at Aix-Marseille University library (Aix-Schuman), cote TLD 3351/1\*BULA (Vol. 1), TLD 3351/2\*BULA (Vol. 2), and TLD 3351/3\*BULA (Vol. 3).

### *Contents*

This is a series of 12 experimental studies on the perceptual encoding processes involved in reading printed words silently. In a preliminary experiment (pp. 97-107), one exploited the fact that all nouns in French language have a gender. So, one can build grammatical nominal syntagms of the form LE PHARE, non-grammatical syntagms of the form LE NEIGE, and non-grammatical syntagms that are homophonic of grammatical syntagms, such as LE PAIRE, which is a homophone of the correct syntagm LE PERE. It was observed that when participants had to judge the grammaticality of such syntagms in an orthographic judgment task, it was more difficult to reject homophone syntagms than to reject non-homophone non-grammatical syntagms. When the participants were requested to make their judgment uniquely based on the phonological form of the stimuli, it was more difficult to accept homophone syntagms than to accept orthographically grammatical syntagms. It was concluded that both the use of an orthographic encoding and of a phonological encoding were automatic and irrepressible in printed word recognition. The next 11 experiments concerned orthographic coding. In experiment 1, fast left-to-right scanning effects involved in the discrimination of words were observed in a lexical decision task, while in experiment 2, left-to-right scanning effects were observed in an alphabetic decision task on rapidly presented non-words. Experiments 3-11 all used masked priming type techniques with a lexical decision task. Experiments 3 and 4 showed that non-alphabetical primes produce less masking effect than alphabetical primes, and that repeated letter primes produce less masking effect than primes made of different letters. This suggests that different occurrences of the same letter are not processed independently. Experiment 5 showed that the processing of letters has a local component and also a non-local one. The results also suggest that left-to-right serial effects observed in this experiment are not related to phonological encoding. Experiments 5-11 tested the effects of primes that were anagram of the target with various structures. It was concluded that non-positional letter codes activate the lexicon, and that bigrams are used to verify the structure of the stimulus, while the initial bigram is, in fact, made of the left space followed by the first letter of the word, and it plays a very important role in the word recognition. It was also observed that reverse bigrams (e.g. ON / NO) are perceptually antagonist, the first presented bigram tending to mask the second one, no matter their respective positions. A simple neuron-like model is proposed that detects bigrams from sequential responses of non-positional letter detectors. This model spontaneously generates the reverse bigram effect and makes new predictions concerning the perception of palindromes (RADAR).

THESE

**L'IDENTIFICATION  
DES MOTS  
AU COURS DE  
LA LECTURE**

P. COURRIEU

Université AIX-MARSEILLE I  
Centre d'AIX  
U.E.R de Psychologie

Octobre 1983

L'IDENTIFICATION DES MOTS  
AU COURS DE LA LECTURE .

- Pierre COURRIEU -

Thèse présentée pour le  
Doctorat de troisième  
cycle de Psychologie .

Directeur de thèse : Claude BASTIEN

Laboratoires d'accueil :

- Laboratoire de Psychologie Cognitive de l'Université de  
Provence (L.A CNRS N° 182), 29 Av. Robert Schuman ,  
13621 AIX-EN-PROVENCE .
- Centre National d'Etudes des Télécommunications (LAA-TSS-SEF),  
Rte de Tregastel, 22301 LANNION .

.../...

Les travaux présentés ici ont été réalisés grâce à une allocation de recherche de la D.G.R.S.T (contrat N° 80113), et grâce aux moyens mis à la disposition de l'auteur au cours d'un stage de longue durée au C.N.E.T à Lannion .

#### Remerciements

Je tiens à remercier C. Bastien qui a assumé la direction de cette thèse, ainsi que G. Noizet qui fut l'initiateur de ce troisième cycle.

J'exprime toute ma gratitude à J. Pynte , D. Holender et P. Scampa pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée notamment en matière de documentation bibliographique.

J'exprime également toute ma reconnaissance à C. Bolusset, P. Devauchelle , R. Doucen et Mme Bohin pour leur accueil et l'aide efficace qu'ils m'ont apportée au sein de leur équipe de recherche au C.N.E.T à Lannion .

.../...

S'agissant de la connaissance, rien de plus ne peut être revendiqué pour le corps total de nos affirmations que de constituer un système détourné mais commode pour relier des expériences à des expériences.

- W.V.O. Quine -

SOMMAIRE

TOME PRINCIPAL

Avant-propos	1
PREMIERE PARTIE :	
L'analyse perceptive des chaînes de caractères et des mots : Phénomènes et modèles .	10
<u>1. Système visuel</u>	11
1.1 Message nerveux	11
1.2 Voies visuelles	13
1.3 Notion de Champ Récepteur	15
1.4 Codage visuel :	16
1.4.1 Codage rétinien	16
1.4.2 Intégration corticale	21
<u>2. Processus de saisie du signal</u>	25
2.1 Facteurs visuels	25
2.2 Fonction de visibilité du signal et empan de saisie	30
2.3 Processus d'échantillonnage des données perceptives	32
<u>3. Effets paradoxaux de la longueur du stimulus</u>	35
3.1 Effet de chaîne élémentaire	35
3.2 Longueur et statut linguistique de la chaîne de caractères	37
<u>4. Mémoires transitoires et étages d'intégration</u>	43
4.1 Mémoire iconique	43



4.2 Masquage visuel et encodage de l'information	45
4.3 Masquage catégoriel et étages d'intégration	51
4.4 Masquage séquentiel	54
<u>5. Unités de codage</u>	59
5.1 Le caractère et la lettre	59
5.2 La lettre et le mot	63
5.3 Unités grapho-phonologiques et formes transcodées	68
4.4 Digrammes et N-grammes	72
5.5 Le morphème	83
<u>6. Codes d'accès au lexique : orthographe et phonologie</u>	86
6.1 Codage phonétique pré et post-lexical	86
6.2 Les deux codes d'accès au lexique	90
6.3 Contrôle stratégique du codage ou biais temporel	93
--- <u>Appendice expérimental</u> : Codage orthographique et codage phonétique dans la lecture	100
<u>7. La position sérielle des composants orthographiques</u>	108
7.1 Procédures parallèles et procédures séquentielles	108
7.2 L'analyse des mots	113
--- <u>Appendice</u> : Quelques statistiques lexicographiques	123
<u>8. Processus d'accès au lexique</u>	130
8.1 Présélection et contrôle d'hypothèses lexicales	130
8.2 Problèmes d'interactivité	137
8.3 Le rôle du contexte linguistique	143



<u>9. Modèles théoriques</u>	146
9.1 Traitement des formes :	146
9.1.1 Prétraitement de l'image	146
9.1.2 Analyse discriminante et classificateurs linéaires	151
9.2 Modèles holographiques	155
9.3 Détecteurs lexicaux et principe d'interactivité	166
9.4 Modèles circulaires :	171
9.4.1 Principe d'Analyse par Synthèse	171
9.4.2 Mémoires adressables et recherche lexicale active	179
9.4.3 Modèles circulaires à détecteurs	184
9.5 Réseaux hiérarchiques de détection :	187
9.5.1 Structure hiérarchique simple	187
9.5.2 Réseau hiérarchique interactif	196
9.5.3 Détection hiérarchique et boucle de vérification	203
9.6 Quelques zones d'ombre théoriques	208

## DEUXIEME PARTIE :

Processus d'encodage du signal et accès au lexique : Recherches expérimentales .	212
--	-----

<u>10. Préliminaire et conditions générales d'expérimentation</u>	213
<u>11. Comptes rendus d'expériences :</u>	217
11.1 Expérience 1 : L'analyse séquentielle du mot	217
11.2 Expérience 2 : Ordre d'encodage et encodage de l'ordre des caractères	238
11.3 Expérience 3 : L'infériorité perceptive des lettres répétées (1)	247
11.4 Expérience 4 : L'infériorité perceptive des lettres répétées (2)	259

11.5	Expérience 5 : Substitutions locales et délocalisées de lettres	264
11.6	Expérience 6 : Le masquage par anagrammes	284
11.7	Expérience 7 : L'effet des digrammes inversés	295
11.8	Expérience 8 : Anagrammes par permutation circulaire	304
11.9	Expérience 9 : Quel est le rôle des digrammes?	310
11.10	Expérience 10 : Le caractère délimiteur de chaîne	326
11.11	Expérience 11 : Rôles des transitions limites gauche et droite	339
12.	<u>Etat des conclusions et développements théoriques</u>	350
12.1	<u>Discussion générale et principales conclusions</u>	350
12.1.1	Caractère analytique de la perception des mots	350
12.1.2	Des unités de codage délocalisées	351
12.1.3	Les phénomènes locaux	353
12.1.4	La fonction des transitions	355
12.1.5	L'antagonisme perceptif des transitions inverses	357
12.1.6	Les processus séquentiels	362
12.2	<u>Suggestions théoriques</u>	366
12.2.1	Un modèle pour les analyseurs de transitions	366
12.2.2	Synthèse	380
	<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	388

TOME ANNEXE 1

Plan de l'ANNEXE 1	TA1-A
Indications générales	TA1-B
Expérience 1	410
Expérience 2	468
Expérience 3	494
Expérience 4	543
Expérience 5	592
Expérience 6	645

TOME ANNEXE 2

Plan de l'ANNEXE 2	TA2-A
Indications générales	TA2-B
Expérience 7	742
Expérience 8	791
Expérience 9	840
Expérience 10	889
Expérience 11	938

AVANT-PROPOS :

Le langage constitue l'un des principaux moyens dont dispose l'homme pour communiquer non seulement avec ses semblables mais aussi depuis peu, avec un environnement non humain tel que celui des calculateurs électroniques auxquels on tend de plus en plus à donner des capacités de "compréhension" et de production de messages en langue naturelle, ou quelque chose d'approchant .

Le langage se manifeste essentiellement sous deux formes, l'une orale et l'autre écrite, chacune de ces formes remplissant dans la communication des fonctions qui ne sont pas nécessairement interchangeables et dont la spécificité est liée aux propriétés intrinsèques de chacun des deux canaux de transmission, par exemple la dimension temporelle de l'oral et la dimension spatiale de l'écrit . De plus, les deux formes du langage empruntent chez l'homme des voies d'émission et de réception très différentes ( appareils phonatoire et auditif pour l'oral, appareils manuel et visuel pour l'écrit ) .

Cependant, au delà de sa forme sensible, le langage véhicule des structures abstraites qui sont celles de la langue, et surtout du "sens", même s'il n'est pas toujours aisé de définir ce que l'on entend par là. Intuitivement, il ne fait pas de doute qu'à un certain niveau de représentation du message linguistique, il revient au même d'écrire "CE MESSAGE VEHICULE DU SENS" ou d'énoncer oralement / səmɛsaʒveikyldysās / .



Les questions qui seront abordées au cours de cette étude concernent les processus perceptifs par lesquels le lecteur assigne une identité linguistique aux signaux graphiques qu'il saisit par voie visuelle. Notre approche se limitera au traitement d'unités linguistiques telles que le mot et ses composants. Le problème est lié à ce que l'on a coutume d'appeler " l'Accès au Lexique ", cadre dans lequel nous ne nous préoccupons que de l'identification des signifiants comme tels, mais non de l'assignation des significations puisque cette question relève de la sémantique et déborde donc largement le domaine perceptif qui est le nôtre.

On sait depuis Saussure que le signe linguistique a la propriété d'être arbitraire, c'est à dire qu'il n'existe aucun lien naturel et intrinsèque entre la forme signifiante ( le mot ) et le signifié ou système de significations qu'il désigne, et l'on peut noter avec G.Mounin (1971) que " la preuve qu'il n'y a aucun rapport intrinsèque, naturel et symbolique entre l'animal que nous appelons le cochon, et le concept ou signifié corrélatif, et son nom français, c'est qu'il s'appelle ailleurs maiale, pig, Schwein, khanzir, choïros, etc." Autrement dit, la relation existant entre un signifiant et son signifié est purement contingente et conventionnelle . Ce simple constat a des implications importantes pour la psycholinguistique. Il exclut en particulier la possibilité que les signifiants élémentaires puissent être engendrés à partir de représentations sémantiques par un système de règles génératives

et, réciproquement, que le sens puisse être déterminé à partir de la forme signifiante par application d'un tel système de règles. Tout au plus des règles permettraient-elles dans une langue donnée d'engendrer des formes dérivées à partir de signifiants de base (cf. Chomsky & Halle, 1968), mais en aucun cas les signifiants de base eux-mêmes. La même remarque s'applique aux formes incorrectes ou aux néologismes que produisent parfois les usagers d'une langue. Ces formes sont en effet généralement engendrées par dérivation systématique ou par concaténation de signifiants élémentaires définis dans la langue, ou éventuellement empruntés à une langue étrangère (ex: "pull-overier"). En revanche, tout néologisme "vrai", qui ne serait pas construit à partir de signes par ailleurs définis, ne peut acquérir le statut de signe linguistique qu'à condition d'être explicitement défini, dans sa forme et son sens, par son auteur. Il en résulte un nécessaire postulat suivant lequel tout usager d'une langue possède en mémoire permanente un " Lexique " répertoriant les signifiants élémentaires de cette langue et associant à ces signifiants, par des relations acquises, les représentations sémantiques correspondantes. On sait d'autre part que la plupart des mots d'une langue sont polysémiques, c'est à dire que leur sens n'est pas univoquement ni totalement déterminé hors contexte. Mais ceci ne signifie en aucune façon qu'un mot donné ne possède pas dans la langue un ensemble de significations qui lui sont propres car autrement, n'importe quelle suite de mots pourrait



signifier absolument n'importe quoi, ce qui n'est évidemment pas le cas. Par conséquent, le Lexique Mental est une nécessité théorique, tant en ce qui concerne la définition des signifiants qu'en ce qui concerne celle des significations associées. Le sujet devrait donc forcément se référer à ce lexique chaque fois qu'il produit ou saisit un message linguistique. En ce qui concerne la lecture, qui nous intéresse ici plus particulièrement, il faut supposer que le signal visuel, après une élaboration plus ou moins complexe, est d'une manière ou d'une autre comparé aux formes d'entrée (signifiants) du lexique jusqu'à ce qu'une entrée conforme soit repérée. Il est d'autre part bien évident que pour qu'une telle comparaison puisse avoir lieu, il est nécessaire que la forme (éventuellement codée) du signal à identifier soit, sinon identique, du moins "compatible" avec la forme lexicale répertoriée du signifiant correspondant. Cependant, lorsque nous considérons les différentes formes physiques que peut prendre un même mot écrit, nous nous apercevons qu'il est bien difficile d'y déceler des invariants graphiques. En effet, la forme graphique d'un mot varie considérablement suivant que l'on utilise par exemple des caractères majuscules ou minuscules, mécanographiques (chasse fixe) ou typographiques (chasse variable), gras ou fins, italiques ou romains, et d'une façon générale suivant les polices de caractères. Cette variabilité du graphisme des mots est naturellement encore bien plus frappante lorsque nous examinons des écritures manuscrites. La question est alors la

suivante : comment se fait-il que des formes graphiques aussi différentes puissent représenter pour le lecteur un seul et même signifiant ?

Nous raisonnerons ici sur le cas de langues utilisant un code d'écriture alphabétique (français, anglais, etc.) et non de langues utilisant un code idéographique (chinois) qui posent en fait des problèmes très différents.

On peut tout d'abord remarquer que le premier niveau de codage du signal où la forme du signifiant devient invariante est celui où la forme des caractères composants cède la place à une représentation abstraite de leur identité alphabétique, c'est à dire qu'à des caractères différents tels que A, *A*, a et *a* est assignée une seule et même identité qui est en quelque sorte celle de la "première lettre de l'alphabet latin". A un tel niveau d'abstraction du code, des formes telles que "ALPHABET, alphabet et *alphabet*" admettent effectivement des représentations identiques. Afin de fixer le vocabulaire, nous parlerons désormais de "caractère" lorsque nous désignerons la représentation graphique d'une lettre ou d'un quelconque symbole, et de "lettre" lorsque nous désignerons l'identité abstraite d'un élément de l'alphabet. A noter que la distinction entre majuscule et minuscule, qui n'est pas toujours sans pertinence dans la langue, sera considérée comme une spécification secondaire ne modifiant pas fondamentalement l'identité d'une lettre, tant il est clair que A et a ont en commun "quelque chose" que n'ont pas A et b.



On s'est beaucoup interrogé sur la nature des "Unités Critiques de Reconnaissance", entendons par là les plus petits éléments auxquels la perception assigne une identité abstraite ou, si l'on préfère, le niveau du code auquel on passe d'une perception visuo-sensorielle de la forme graphique à une perception catégorielle d'unités codifiées. En fait, la formulation du problème en termes "d'unités critiques" peut paraître assez malheureuse dans la mesure où rien ne permet a priori de supposer que ces unités relèvent d'un niveau de codage unique. Nous voudrions cependant établir dès à présent une distinction, nécessaire à la clarté de cet exposé, entre la notion "d'Unité Critique de Reconnaissance" (UCR) et la notion "d'Unité de Codage" (UC). Si nous définissons comme précédemment l'UCR comme le plus élémentaire niveau d'unité codifiée, la notion d'UC s'applique en revanche à tous les niveaux d'unités discernables, éventuellement composites, qu'utiliserait la perception, c'est à dire que si l'UCR est nécessairement une UC, la réciproque n'est pas forcément vraie. Pour prendre un exemple, supposons que l'unique UCR soit la Lettre (il ne s'agit ici que d'une supposition gratuite). Dans ce cas, il est bien évident que la lettre n'est pas la seule UC pertinente puisqu'il faut bien supposer qu'il existe en outre des UC multi-lettres représentant les signifiants élémentaires de la langue (entrées du Lexique Mental). Dans cet exemple, nous supposerions donc une organisation hiérarchique en deux niveaux d'UC avec un seul niveau d'UCR (la lettre) dont la "sortie" servirait "d'entrée"

au second niveau d'UC (le signifiant lexical). Cependant, on pourrait aussi imaginer (non moins gratuitement) que les unités signifiantes, au plus haut niveau de codage, peuvent également être reconnues "globalement" à partir du graphisme, sans passer par une analyse en lettres. Dans ce cas, la distinction que nous établissons entre UCR et UC perdrait sa raison d'être. En fait, nous touchons là au fond du débat qui oppose les théories "visuo-gestaltistes" ou "globalistes" de la perception des mots aux théories dites "analytiques" ou "hiérarchiques". Nous aurons sur cette question l'occasion de présenter plus loin différents arguments expérimentaux, mais on peut dès à présent examiner, dans le cadre de cette introduction, certains aspects généraux du problème. Il est tout d'abord clair que tout lecteur est capable d'identifier, et même de prononcer, des stimulus tels que des lettres isolées ou des suites de lettres ne formant pas mot dans la langue (pseudo-mots), ce qui suppose nécessairement l'existence dans le système perceptif de structures capables de coder (et de transcoder phonétiquement) des unités de niveau infra-lexical. Le problème est alors de savoir si de telles structures interviennent effectivement dans l'identification des mots ou s'il s'agit de structures "fossiles" n'assumant que des fonctions annexes. On peut en effet imaginer que des unités signifiantes d'usage fréquent dans la langue finissent par acquérir dans la perception une caractérisation visuelle globale autorisant un "court-circuitage" des processus analytiques. Cependant,



ainsi que nous l'avons vu plus haut, la forme visuelle d'un mot est en fait très variable. De ce fait, si l'on suppose que les mots sont visuellement caractérisés dans le système perceptif, il faut admettre qu'il existe pour chaque mot dans la mémoire permanente du sujet autant de caractérisations différentes, c'est à dire d'entrées lexicales, que de types de formes visuelles possibles pour ce mot. L'hypothèse est sans doute psychologiquement défendable, mais coûteuse en encombrement de la mémoire si l'on considère que, suivant les estimations les plus parcimonieuses, le lexique d'un lecteur possédant un vocabulaire normal répertorierait environ 10000 à 15000 signifiants. En revanche, si nous supposons, dans le cadre d'une théorie analytique, que les variantes graphiques sont résolues au niveau d'unités telles que la lettre, nous n'avons à multiplier les caractérisations visuelles que pour la trentaine ou la quarantaine d'éléments (en comptant les diacritiques) que comprennent les alphabets dérivés de l'alphabet latin (l'ordre de grandeur est le même pour les alphabets cyrilliques ou arabes par exemple). On peut naturellement imaginer toutes sortes de compromis entre ces solutions extrêmes, par exemple que seule la forme visuelle la plus courante d'un mot soit lexicalement répertoriée à côté d'une forme plus abstraite autorisant un accès lexical analytique pour les graphismes plus rares. On pourrait aussi supposer que seuls les mots les plus fréquents dans la langue bénéficient d'une caractérisation visuelle dans le lexique. Toutefois, il convient de

remarquer que si ces hypothèses intermédiaires devaient s'avérer réalistes, l'accès visuel global au lexique ne représenterait en fait qu'un phénomène relativement marginal, et que seuls des processus analytiques autoriseraient l'identification des mots dans tous les cas. Notre usage ordinaire de la langue écrite n'est en effet pas si limité dans le vocabulaire et les graphismes que nous puissions considérer comme généraux des processus qui ne concerneraient qu'une fraction réduite, fût-elle à haute fréquence relative, des stimulus linguistiques.

Nous examinerons, dans la première partie de cet exposé, quelques-uns des principaux modèles et résultats que fournit la littérature concernant les divers processus intervenant dans le traitement perceptif des mots et l'accès au lexique. Notre contribution expérimentale, exposée dans une seconde partie, portera plus particulièrement sur la recherche des structures et procédures que la perception met en oeuvre pour coder les chaînes de caractères et leur assigner une identité linguistique. Cette étude nous conduira à dégager un certain nombre de propriétés inattendues du système perceptif, ce qui, malgré la fermeté de certaines conclusions, pourra suggérer que les modèles théoriques dont nous disposons sont encore assez loin d'approcher une solution réaliste.

PREMIERE PARTIE

L'analyse perceptive des chaînes de caractères et des mots:

Phénomènes et modèles.

---



## I. SYSTEME VISUEL

Notre ambition se limite ici à rappeler succinctement quelques notions et résultats importants pour la compréhension des mécanismes élémentaires de l'analyse des signaux visuels fournissant des concepts de base à de nombreux modèles psychologiques de la perception visuelle.

### I.1 Message nerveux :

Le système nerveux de l'homme est un vaste réseau composé d'environ  $10^{11}$  à  $10^{13}$  neurones interconnectés entre eux et à divers systèmes récepteurs et effecteurs suivant des structures et voies déterminées au sein desquelles circulent des signaux électro-chimiques constituant l'influx nerveux. Le neurone est une cellule spécialisée dans le traitement des messages nerveux et dont le corps cellulaire émet un certain nombre de prolongements ramifiés dont certains, appelés dendrites, sont relativement courts et dont d'autres plus longs (axones) constituent les fibres nerveuses. Ces prolongements peuvent faire synapse avec d'autres neurones engendrant ainsi le réseau nerveux. Une synapse donnée ne transmet en général l'influx nerveux que dans un seul sens, d'un neurone émetteur vers un neurone récepteur. L'influx transmis peut avoir suivant les caractéristiques biochimiques de la synapse une action plus ou moins importante, activatrice ou inhibitrice sur le neurone récepteur.

Un neurone effectue à chaque instant une opération analogue à une sommation des signaux afférents et n'engendre un influx sortant de réponse que si cette somme excède un certain seuil. Ceci a conduit McCulloch et Pitts (1956) à proposer un modèle approximatif du fonctionnement du neurone où la réponse de sortie  $R(t)$  à l'instant  $t$  dépend de la valeur  $y(t)$  d'une fonction d'intégration des  $N$  entrées synaptiques du neurone, filtrée par un étage à seuil  $S$  de sorte que :

$$R(t) > 0 \quad \text{si} \quad y(t) \geq S$$

$$R(t) = 0 \quad \text{si} \quad y(t) < S$$

avec :

$$y(t) = \sum_{i=1}^N a_i x_i(t)$$

où  $x_i(t)$  représente la valeur actuelle de l'influx d'entrée à la  $i$ ème des  $N$  synapses afférentes au neurone et où le coefficient  $a_i$  représente le poids de cette synapse, positif si la synapse est activatrice et négatif si elle est inhibitrice.

On trouvera dans Nelson (1978) des modèles du neurone plus élaborés qui rendent compte en particulier du comportement temporel de différents types de neurones, introduisant ainsi la notion de mémoire. Cependant, le sommateur à seuil de Pitts et McCulloch nous suffira dans un premier temps pour comprendre les mécanismes d'analyse de l'image en traits visuels élémentaires que nous aborderons dans les paragraphes suivants.



## 1.2 Voies visuelles :

L'appareil visuel de l'homme (fig. 1) se subdivise en plusieurs structures reliées entre elles par des voies de transmission nerveuse. Les structures les plus périphériques sont les deux yeux dont chacun représente un dispositif optique, moteur et nerveux complexe assurant la saisie des signaux lumineux en provenance de l'environnement. Schématiquement, l'oeil est délimité par trois membranes concentriques dont la plus externe, très résistante, est appelée sclérotique. Dans sa partie antérieure, elle s'amincit tout en devenant transparente pour former la cornée. Sur la face externe de la sclérotique se rattachent les muscles moteurs de l'oeil qui permettent d'orienter le regard en réponse à une commande nerveuse centrale. La seconde membrane est la choroïde qui se prolonge en avant par une structure circulaire contractile (l'iris) percée d'un trou (la pupille) dont l'ouverture variable, contrôlée par un circuit nerveux réflexe, régule le flux entrant de lumière. En arrière de la pupille se trouve une lentille transparente biconvexe souple (le cristallin) dont la courbure est ajustée par le muscle ciliaire en réponse à des signaux nerveux d'accommodation qui contrôlent le degré de convergence des rayons lumineux en fonction de la netteté de l'image perçue pour différentes distances. Enfin, la troisième membrane, appelée rétine, est un tissu nerveux photosensible complexe qui tapisse le fond de l'oeil et donne naissance, en sa partie centrale, au nerf



optique, lequel passe à travers les membranes externes et le fond du globe oculaire en direction de l'encéphale. Les nerfs optiques de chacun des deux yeux convergent ensuite en un point appelé chiasma optique où les faisceaux de fibres nerveuses issus de la moitié nasale de la rétine de chaque oeil se croisent et sont regroupés avec les faisceaux de fibres issus de la moitié temporale de la rétine de l'autre oeil de sorte que chacune des deux nouvelles voies résultantes ne correspond plus à un oeil mais à la moitié controlatérale du champ visuel. Chacune des deux voies atteint l'une des deux structures relais appelés Corps Genouillés Latéraux (CGL) où les fibres rétiniennes font synapse avec des neurones qui engendrent à leur tour des projections en direction du cortex occipital où se trouvent les aires corticales d'intégration des signaux visuels pour chacun des hémisphères cérébraux. De là, les signaux élaborés seraient transmis à d'autres zones corticales spécialisées. Les deux hémisphères communiquent par un faisceau de fibres appelé Corps Calleux et l'on a admis, non sans quelques nuances, depuis les travaux de Broca (1865), de Wernicke (1874) et de Déjerine (1892) que les zones fonctionnelles de traitement des messages linguistiques se situent normalement dans l'hémisphère gauche.

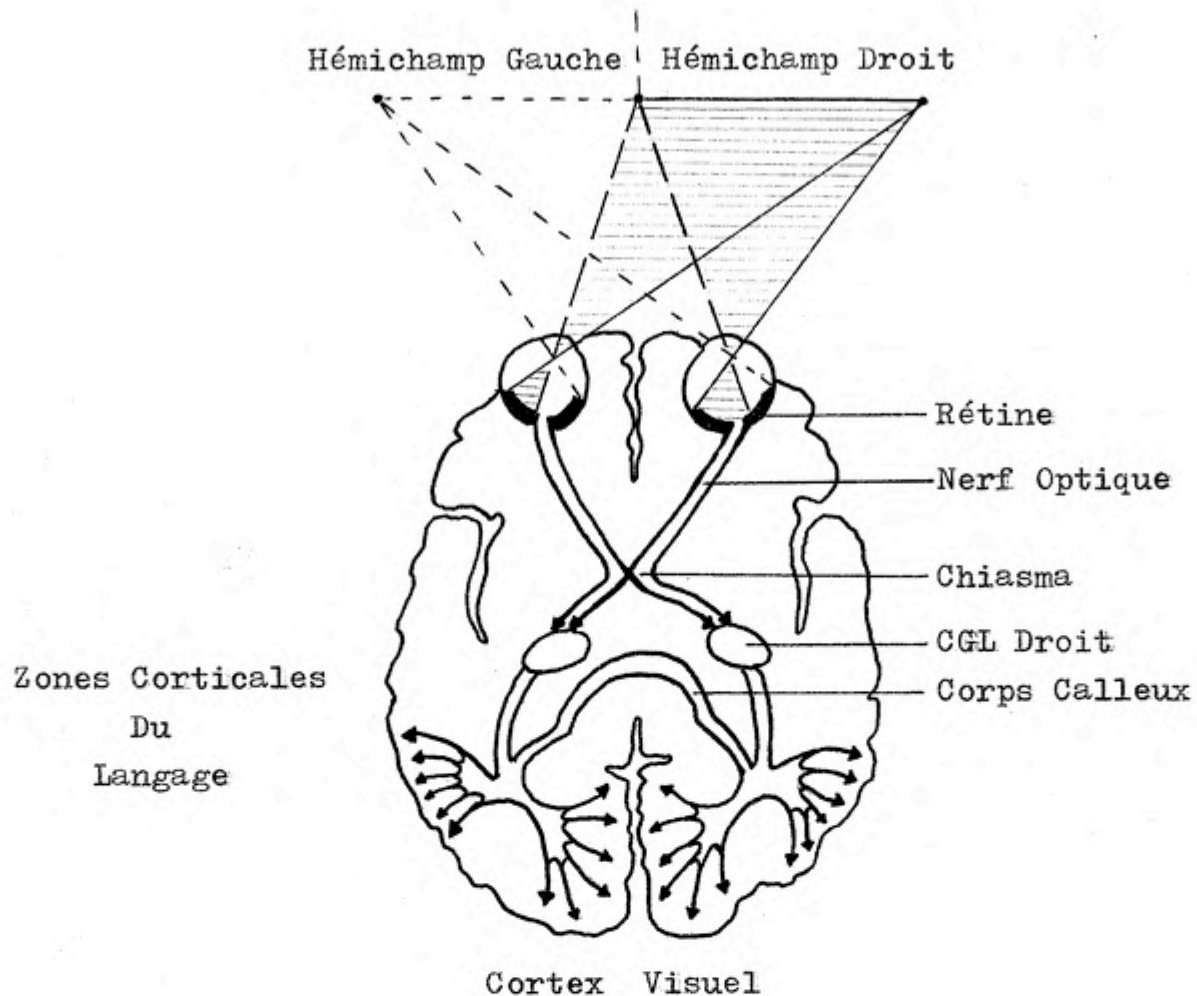


FIGURE I : Schéma des voies visuelles de l'homme.

### I.3 Notion de Champ Récepteur :

La notion de champ récepteur fut introduite par Hartline (1940). Le champ récepteur d'une cellule nerveuse du système visuel est par définition la portion de l'aire rétinienne ou, de façon équivalente, l'angle solide du champ visuel correspondant à cette portion, sur laquelle l'apparition d'un signal optique provoque

une réponse électro-physiologique observable de la cellule (variation de la fréquence des "spikes" axoniques).

Le champ peut comprendre des parties, dites "zones ON", où un spot lumineux provoquera une activation de la cellule et des parties, dites "zones OFF", où il provoquera une inhibition de la cellule (cf. Kuffler, 1953).

Exception faite des cellules photoréceptrices de la première couche rétinienne qui sont directement sensibles à la lumière, le champ récepteur d'un neurone visuel résulte normalement d'une certaine combinaison des champs récepteurs de plusieurs autres cellules dont les sorties convergent sur ce neurone, lequel effectue une sommation pondérée des signaux afférents conformément à ce qui a été dit en I.I.

#### I.4 Codage Visuel :

Nous donnons ici une description très schématique du fonctionnement des différents composants du système visuel. Pour une information plus approfondie, on pourra consulter par exemple Rodieck (1973) en ce qui concerne le codage rétinien, Hubel & Wiesel (1959 à 1979) pour le codage visuel cortical, et Nelson (1978) pour une synthèse théorique.

##### I.4.I Codage rétinien :

La rétine humaine se subdivise en plusieurs couches de



cellules nerveuses (fig. 2). La première couche est composée de cellules photoréceptrices dont une extrémité est garnie de pigment photosensible. Chacune de ces cellules est directement excitable par la lumière dans un champ récepteur d'environ 1' à 1,2' au centre de la rétine. La couche photoréceptrice est orientée vers la choroïde de sorte que la lumière n'atteint les photorécepteurs qu'après avoir traversé les autres couches de cellules rétinienne. Il existe deux types de photorécepteurs: les cônes et les bâtonnets. Les cônes occupent essentiellement la zone centrale de la rétine appelée "fovéa" dont le champ récepteur global correspond à un angle solide d'environ 2° au milieu du champ visuel. Les cônes sont sensibles à des luminances relativement fortes propres à la vision diurne dite "photopique". Ils sont en outre sensibles à la fréquence des radiations lumineuses qui détermine la sensation subjective de couleur. Les bâtonnets pour leur part sont inexistant dans la région centro-fovéale, mais leur densité augmente lorsqu'on va vers la périphérie rétinienne où il n'existe finalement plus que ce type de photorécepteur. Les bâtonnets sont sensibles à des luminances faibles correspondant à la vision crépusculaire dite "scotopique". Il existe près de la fovéa une petite zone totalement dépourvue de photorécepteurs, la tache aveugle, qui coïncide avec le point de départ du nerf optique.

Les signaux de sortie des photorécepteurs servent d'entrées à d'autres neurones appelés "cellules bipolaires". Ces entrées sont modulées par l'action de cellules associatives dites "cellules horizontales" qui tissent un réseau d'interconnexions la-

térales appelé "couche plexiforme externe" à la sortie des photorécepteurs. Dans la région centro-fovéale, chaque cellule bipolaire correspond à un photorécepteur mais lorsqu'on va vers la périphérie rétinienne, chaque bipolaire collecte et somme les signaux d'un nombre de photorécepteurs de plus en plus grand. Il résulte de ceci et de la répartition des cônes et des bâtonnets qu'au-fur-et-à-mesure que l'on s'éloigne de la fovéa, la photosensibilité de la rétine augmente, mais le pouvoir résolutif du système (acuité) diminue considérablement du fait que les champs récepteurs des bipolaires sont de plus en plus larges.

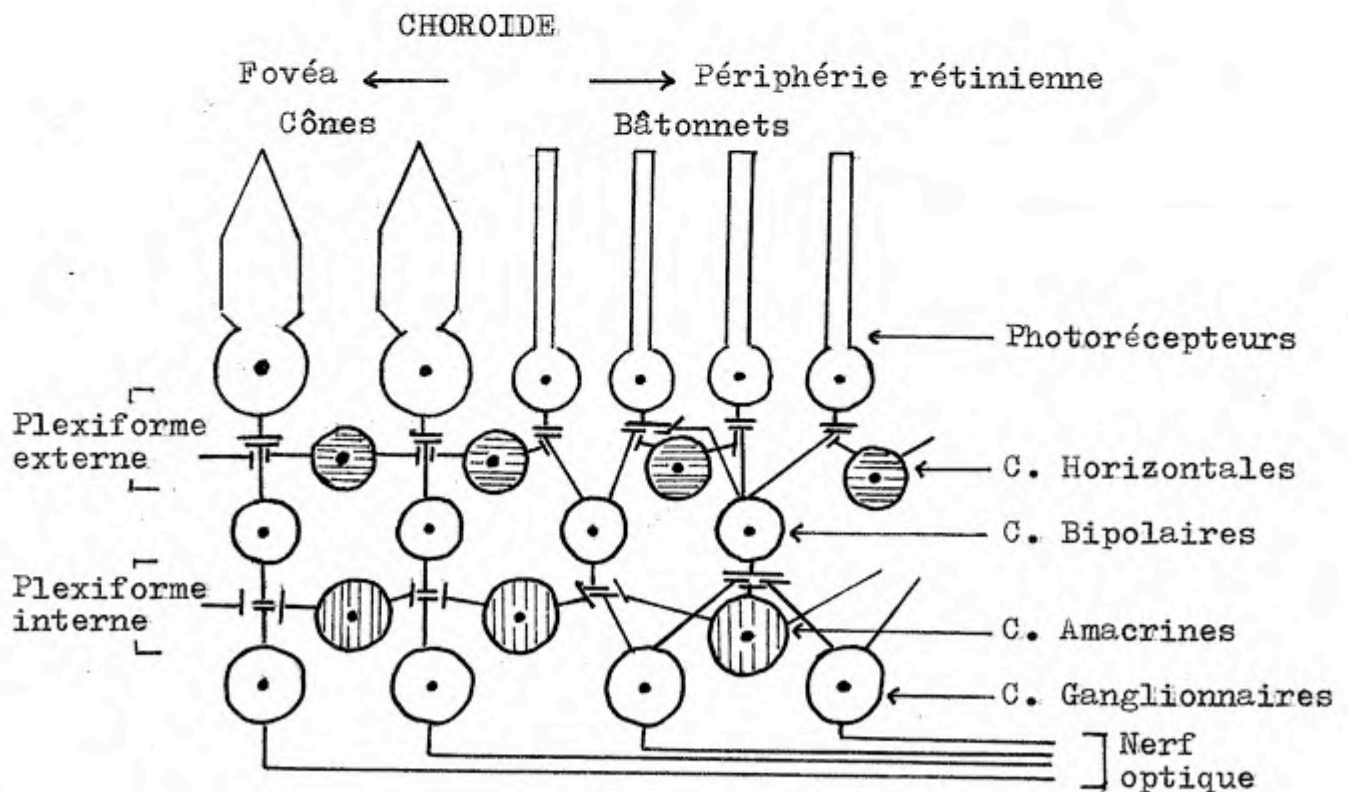


FIGURE 2 : Coupe schématique d'une portion de la rétine .



En fait, le champ récepteur des bipolaires résulte non seulement des signaux collectés à la sortie des photorécepteurs mais aussi des signaux associatifs latéraux transmis par les cellules horizontales qui peuvent être de signe opposé aux précédents de telle sorte que le champ récepteur se subdivise en une petite zone centrale qui peut être "ON" ou "OFF" suivant les cas, et une couronne de signe opposé. Les bipolaires "Centre-ON" sont telles qu'un spot lumineux projeté au centre de leur champ provoque une réponse positive de la cellule alors qu'un spot projeté sur la couronne provoque une réponse négative. Les bipolaires "Centre-OFF" réagissent de façon exactement inverse. Il s'ensuit qu'une bipolaire réagit faiblement ou pas du tout lorsque son champ récepteur est uniformément éclairé (ou dans l'ombre) du fait que les signaux positifs de la partie ON et les signaux négatifs de la partie OFF additionnés par la cellule tendent à s'annuler mutuellement. En revanche, si on projette la ligne de contraste d'une plage sombre et d'une plage claire dans le champ récepteur, on obtient une réaction positive ou négative de la cellule bipolaire suivant le rapport des fractions ON et OFF éclairées du champ, c'est à dire suivant l'emplacement de la ligne de contraste dans le champ (fig. 3). Les signaux de sortie des bipolaires servent d'entrées aux neurones de la dernière couche rétinienne qui sont appelés "cellules ganglionnaires". Les entrées des ganglionnaires sont modulées par l'action de cellules associatives appelées cette fois "cellules amacrines" qui engendrent un réseau d'intercon-

nexions latérales formant la "couche plexiforme interne" à la sortie des bipolaires. Toutefois, les interactions latérales sont ici un peu plus complexes du fait que les amacrines peuvent aussi faire synapse en retour sur les bipolaires ou entre elles suivant des dispositions "en série" plus ou moins compliquées. Le nombre de sorties bipolaires convergeant sur une cellule ganglionnaire est faible, et éventuellement unitaire, dans la zone centro-fovéale, mais il augmente lorsqu'on va vers la périphérie rétinienne, ce qui amplifie encore la sensibilité périphérique au détriment de l'acuité. La plupart des cellules ganglionnaires possèdent un champ récepteur hétérogène à symétrie circulaire "centre-ON" ou "centre-OFF" analogue à celui des cellules bipolaires mais plus large, surtout vers la périphérie rétinienne. Les cellules ganglionnaires sont donc également des détecteurs de contrastes lumineux locaux et leurs sorties axoniques regroupées constituent le nerf optique.

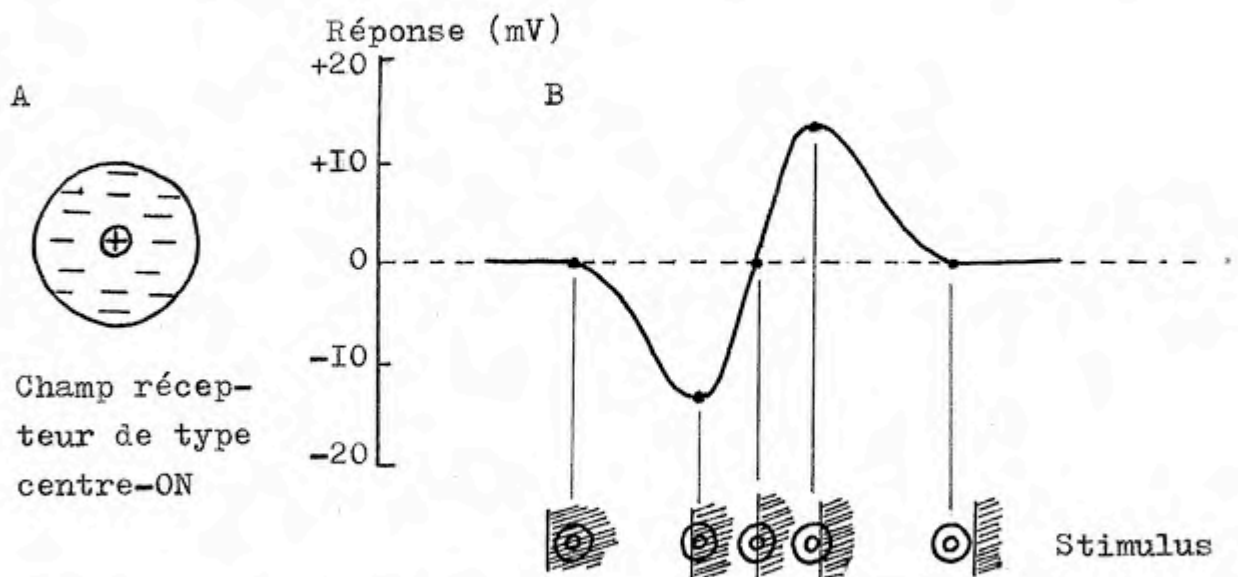


FIGURE 3 : Champ récepteur centre-ON (A) et variation du potentiel de membrane d'une cellule bipolaire Centre-ON (B) en fonction de la position d'une ligne de contraste dans son champ récepteur.



Du point de vue temporel, le comportement des cellules ganglionnaires est assez diversifié. On trouve des cellules dites "ON" qui répondent sélectivement à l'apparition du signal puis s'adaptent en quelques centièmes de seconde et cessent de répondre même si le stimulus reste présent. C'est donc ici un contraste temporel qui est détecté. D'autres cellules, dites "OFF", répondent sélectivement à la disparition du signal. Certaines ganglionnaires dites "ON-OFF" combinent les deux comportements précédents alors que d'autres, parfois appelées "ON-WITH", répondent continûment à la stimulation.

En résumé, on peut retenir que les signaux de sortie de la rétine représentent surtout des contrastes lumineux locaux, dans l'espace et dans le temps, dont l'ensemble donne une cartographie pointilliste du champ visuel avec un gradient d'acuité décroissant du centre vers la périphérie.

#### I.4.2 Intégration corticale :

Nous nous réfèrerons ici pour l'essentiel aux travaux de Hubel & Wiesel (1959 à 1979) qui, bien que réalisés chez l'animal, semblent pouvoir fournir des indications sur les mécanismes généraux de l'intégration des signaux visuels et sont de ce fait à la base d'un certain nombre de conceptions théoriques de la perception visuelle humaine.



Avant d'atteindre le cortex occipital, les signaux rétiniens passent par les structures relais des corps genouillés latéraux. Les neurones des CGL possèdent des champs récepteurs à symétrie circulaire centre-ON ou centre-OFF analogues à ceux des cellules rétiniennes mais sensiblement plus larges. Les CGL sont organisés en plusieurs couches de cellules et les neurones des différentes couches situés sur une même perpendiculaire à la surface reçoivent tous des signaux provenant d'une même zone du champ visuel, ceci de telle sorte que les plans parallèles à la surface reproduisent d'une certaine façon la "carte" du champ visuel. On retrouve une organisation analogue au niveau du cortex visuel occipital où se projettent les sorties des CGL. Toutefois, à ce niveau, il existe une grande variété de champs récepteurs dont la forme et la taille varient avec les couches corticales. Les neurones correspondants tendent alors à se comporter comme des détecteurs spécifiques de certaines formes élémentaires. Il semble de plus qu'il existe une organisation hiérarchique du système telle que les formes détectées à un certain niveau d'intégration résultent d'une certaine combinaison des formes détectées aux niveaux inférieurs.

Le premier niveau, celui qui reçoit directement les signaux des CGL, est encore constitué de cellules à champ récepteur circulaire. On trouve ensuite des cellules dites "simples" qui répondent sélectivement à des lignes de contraste (fig.4a) ou à des barres (fig. 4b et 4c) possédant une orientation et une position bien déterminées. Les champs récepteurs des cellules simples seraient obtenus par combinaison de plusieurs champs

circulaires alignés. Il existe aussi des cellules dites "complexes" combinant sans doute les signaux de cellules simples, qui répondent à des stimulus d'orientation déterminée mais pouvant se situer à différentes positions dans un champ relativement large ou encore se déplacer dans ce champ suivant une direction bien précise. Il existerait également des cellules "hypercomplexes" du premier ordre puis du second ordre répondant à des stimulus de plus en plus compliqués tels que des angles droits par exemple. De façon plus formelle, P. Nelson (1978) propose de représenter l'ensemble de définition d'un détecteur visuel par un n-uplet de paramètres dont les principaux seraient, en première approximation, la taille du stimulus, son orientation et les coordonnées cartésiennes de son centre, ce qui semble convenir pour les cellules de type simple.

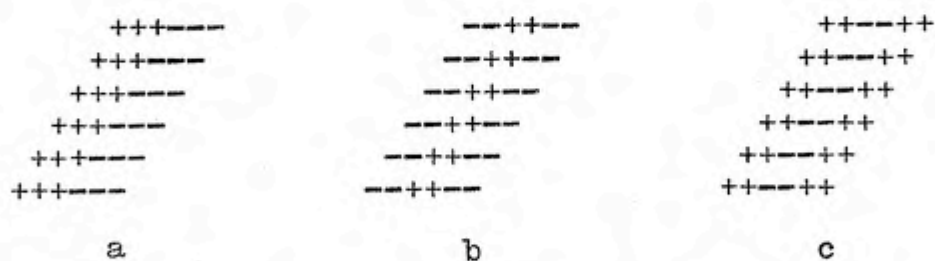


FIGURE 4 : Champs récepteurs de cellules simples de types ligne de contraste (a), barre claire (b) et barre sombre (c).

Selon Hubel et Wiesel, le cortex visuel est une sorte de mosaïque d'îlots corticaux dont chacun analyse une zone particulière du



champ visuel et se subdivise en un certain nombre de "colonnes" (ou "feuilletts") dont chacune répond sélectivement à des stimuli d'orientation déterminée (fig. 5).

Y. Jamati (1975) a réalisé une simulation informatique d'une version un peu simplifiée du système visuel tel qu'il est décrit par Hubel et Wiesel (1959, 1961, 1963). Le dispositif s'est avéré parfaitement capable d'extraire les contours contenus dans une image complexe et d'assigner à chaque point une orientation déterminée représentant la tangente au contour en ce point.

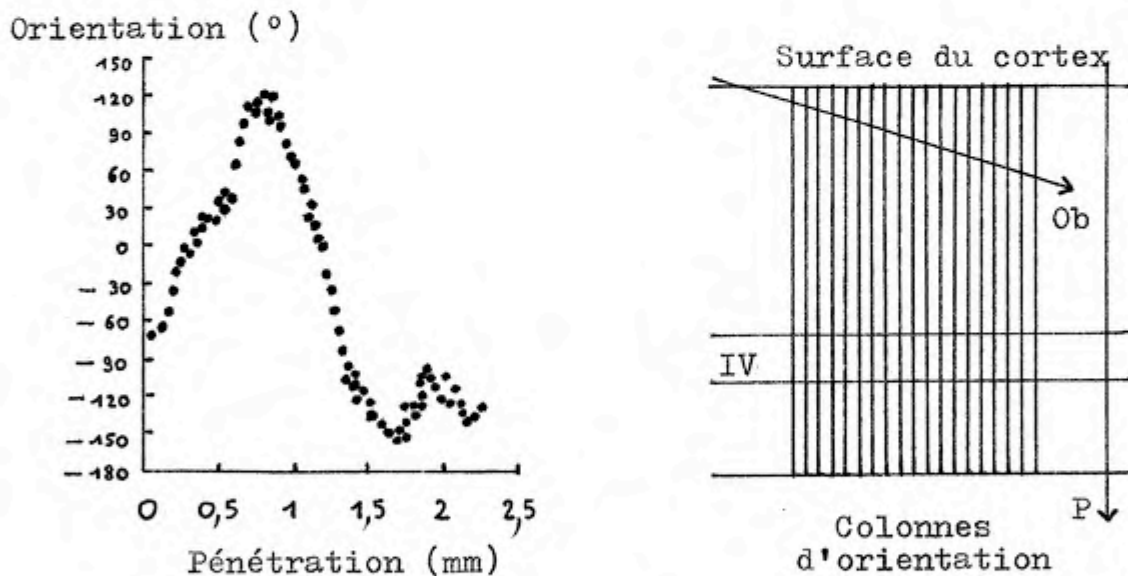


FIGURE 5 : Orientation des stimulus provoquant une réponse optimale de différents neurones enregistrés au cours de la pénétration oblique (Ob) d'une microélectrode dans le cortex visuel. Si l'électrode pénètre perpendiculairement (P) à la surface du cortex, l'orientation optimale reste constante excepté pour la couche IV dont les champs récepteurs sont circulaires. (D'après Hubel et Wiesel, 1979) -

## 2. PROCESSUS DE SAISIE DU SIGNAL

### 2.1 Facteurs visuels :

Le système visuel assure la saisie du signal graphique qui constitue l'information de base sur laquelle vont opérer les processus d'identification du stimulus. Les premiers instants de l'analyse procèdent donc du traitement d'images avant que soient atteints des niveaux d'intégration proprement linguistiques. De ce fait, le processus de lecture est soumis dans une assez large mesure aux contraintes qu'impose le système visuel. Cependant, les processus d'identification des stimulus linguistiques ont sans doute des exigences qui leurs sont propres en ce qui concerne la qualité et la quantité des informations visuelles utiles. En particulier, les différents niveaux de codes constituant la langue définissent des contraintes spécifiques qui ont pour effet de restreindre l'ensemble des signaux a priori possibles à un instant donné du processus de lecture. Par exemple, on sait qu'on ne trouvera jamais un redoublement de consonnes à l'initiale d'un mot, ou un triplement à une position quelconque et d'une façon générale, il existe bien des agencements de lettres impossibles. D'un autre côté, si nous identifions les quatre premières lettres d'un mot comme étant "kalé", nous pouvons affirmer sans hésitation que les sept suivantes sont "idoscop", et si de plus le mot était précédé de l'article "un", nous savons que la douzième et dernière lettre est "e".



De même la forme des caractères, pour variable qu'elle soit, n'est cependant pas quelconque. Par exemple un "C" peut être plus ou moins grand, plus ou moins régulier et plus ou moins ouvert, mais ce sera toujours un contour convexe ouvert à droite. Il s'ensuit que la restriction des possibles résultant des contraintes linguistiques se répercute jusqu'au niveau des codes visuels, du moins dans une certaine mesure. De ce fait, parmi les informations visuelles saisies à chaque instant, il en est qui sont particulièrement utiles en tant qu'éléments distinctifs permettant de départager les éventualités a priori possibles, et d'autres qui sont redondantes ou éventuellement même non pertinentes lorsque le signal est "bruité" par exemple par une stylisation ou une imprécision du graphisme. Pour fixer les idées, supposons qu'en un certain point nous ayons a priori le choix entre la lettre "O" et la lettre "C". Dans ce cas, l'élément distinctif est l'ouverture à droite, la convexité du contour est un élément redondant puisque les graphismes possibles sont tous deux convexes, et enfin, la taille de l'ouverture à droite est un élément non pertinent qui varie considérablement d'une police de caractères à une autre. Il serait naturellement très aventureux de supposer que le système perceptif se contente strictement de l'information utile mais on peut poser comme exigence minimale que l'appareil visuel soit en mesure d'assurer la saisie des éléments distinctifs indispensables pour identifier le stimulus.

Compte tenu de ce qu'on sait du système visuel, il est prévisible que doivent être déterminants des facteurs tels que le contraste<sup>(1)</sup> de l'image puisque les détecteurs visuels sont des détecteurs de contrastes, la taille projective des éléments distinctifs et l'emplacement du stimulus dans le champ visuel puisque l'acuité visuelle<sup>(2)</sup> admet des limites variables dans le champ. Un certain nombre d'auteurs ont étudié l'effet de ces facteurs sur la saisie tachystoscopique de stimulus tels que des lettres isolées ou incluses dans des chaînes de caractères. Il apparaît effectivement que la performance perceptive est une fonction croissante du contraste de l'image (cf. Blommaert, 1980 Van Nes & Jacobs, 1981), de la taille des caractères et l'on peut remarquer en particulier une décroissance plus rapide de la performance avec la diminution de taille pour les caractères les moins discriminables dont la forme est définie par des éléments de petite dimension (cf. Blommaert, 1980). Enfin, la performance diminue lorsque l'excentricité<sup>(3)</sup> du stimulus augmente (cf. Van Nes & Jacobs, 1981, O'Regan, 1981) mais on remarque que le taux de chute dépend en outre du contraste de l'image (fig. 6a) et de la présence d'autres caractères à côté du caractère cible (fig. 6b).

(1) Si  $L(b)$  est la luminance de la plage claire et  $L(s)$  la luminance de la plage sombre, le contraste  $c$  est défini par:

$$c = \frac{L(b) - L(s)}{L(b)}$$

(2) Si le plus petit angle résoluble mesure  $a'$ , l'acuité est  $1/a'$ .

(3) L'excentricité est l'angle que forme la ligne de projection du stimulus avec l'axe du regard.



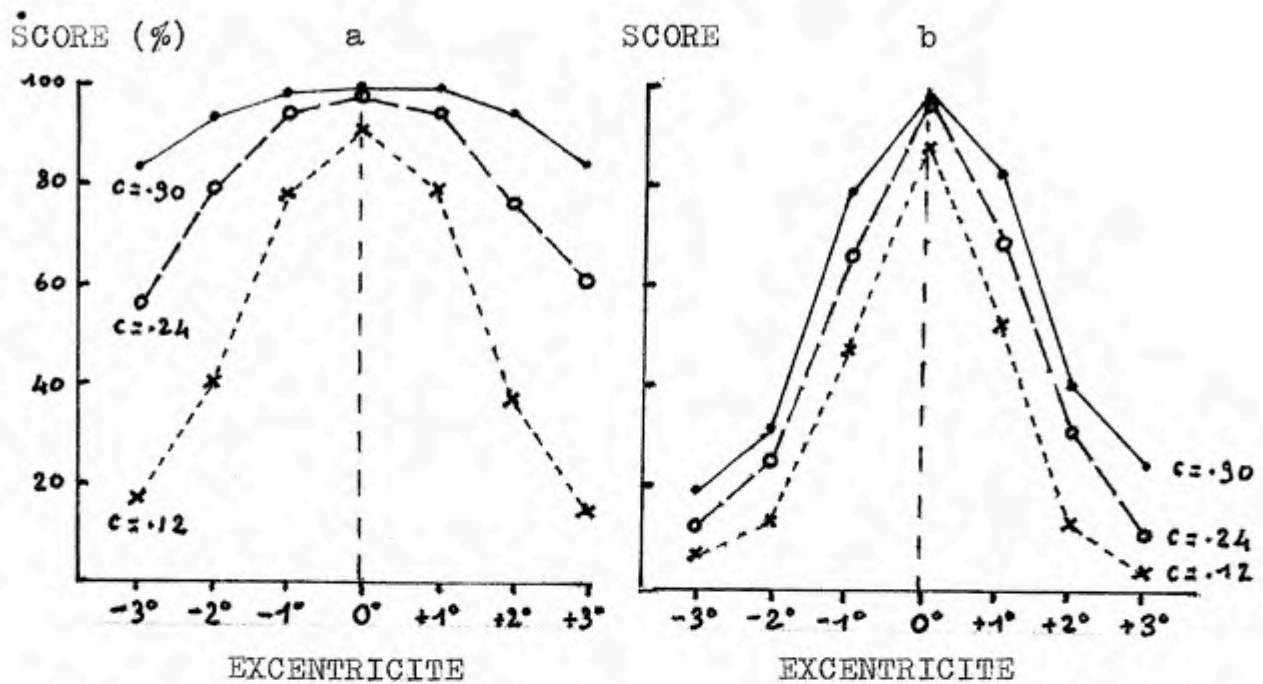


FIGURE 6 : Pourcentage d'identification de lettres isolées (a) ou insérées entre deux X (b) en fonction de l'excentricité du stimulus et du contraste  $c$  de l'image. Une lettre sous-tend un angle de  $0,25^\circ$ , la luminance du fond clair est de  $150 \text{ cd/m}^2$  et le temps d'exposition de 100 ms. (D'après Van Nes & Jacobs, 1981)

Cet effet d'interférence latérale entre lettres voisines en vision périphérique a été interprété de diverses façons et il résulte peut-être de la combinaison de plusieurs phénomènes . Il est possible que la capacité du système perceptif à segmenter une chaîne de caractères en ses caractères composants soit en cause. Il faut en effet remarquer que dans le cas d'une chaîne de caractères, l'espacement des caractères est un trait visuel pertinent qui doit pouvoir être résolu et localisé par le système visuel pour que les limites des différents caractères soient définies. Dans le même ordre d'idées, il est aussi possible que les interactions latérales relativement étendues dans les structures visuelles périphériques engendrent des interfé-

rences déformantes ou masquantes entre les contours de lettres voisines. Tout ceci dépend du pouvoir résolutif (ou séparateur) local de l'appareil visuel et donc de l'excentricité du stimulus. C'est ainsi par exemple que Banks & al. (1977) ont montré que, pour une excentricité donnée de la lettre cible, l'effet d'interférence latérale produit par une lettre masque est plus fort lorsque le masque est plus périphérique que la cible plutôt que l'inverse, c'est à dire lorsque l'ensemble cible et masque est plus périphérique (fig. 7a). Ces auteurs ont également montré que l'espacement entre caractères nécessaire pour supprimer l'interférence latérale est d'autant plus grand que la chaîne est vue plus périphériquement (fig. 7b).

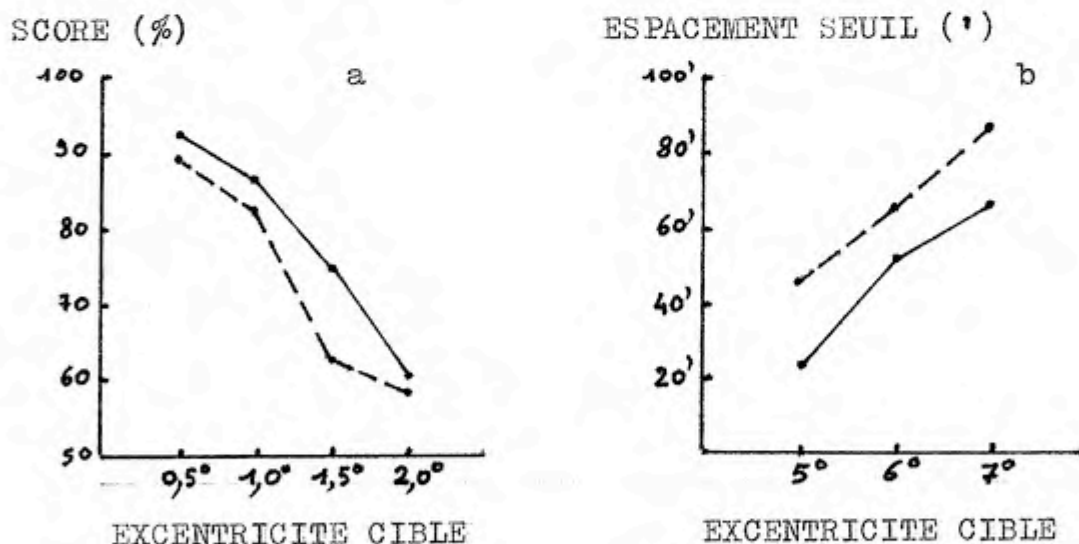


FIGURE 7 : Pourcentage d'identification de lettres cibles (a) et seuil d'espacement entre la lettre cible et la lettre masque autorisant l'identification de la cible (b) en fonction de l'excentricité de la cible et de l'excentricité relative du masque. En trait continu le masque est moins excentré que la cible, en trait discontinu le masque est plus excentré que la cible. En a, une lettre sous-tend un angle horizontal de 8' et en b, cet angle est de 20'. (D'après Banks, Bachrach & Larson, 1977)



On remarquera cependant sur la figure 7b un détail qui ne semble pas avoir frappé les auteurs et qui est incompatible avec une interprétation faisant uniquement appel à l'acuité visuelle. En effet, si l'on suppose que la méthode de mesure des seuils employée donne une estimation à peu près correcte et sachant qu'une lettre représente 20' d'angle dans l'expérience, il n'est pas possible que les seuils mesurés représentent la limite de résolution visuelle puisqu'ils sont tous supérieurs ou égaux à la largeur de la lettre identifiée, laquelle précisément ne peut être identifiée que si la résolution est plus fine que sa taille. De fait, il existe dans la littérature un certain nombre d'observations qui suggèrent que l'interférence latérale entre lettres voisines n'est pas uniquement due à des facteurs visuels. Par exemple Shaw (1969) a montré qu'une barre placée à côté d'une lettre cible interfère beaucoup moins qu'une autre lettre. Il est donc possible que l'interférence latérale résulte pour une part des processus de codage des lettres. La fonction d'interférence latérale ne serait donc pas réductible à la fonction d'acuité visuelle bien qu'elle soit certainement liée à celle-ci.

## 2.2 Fonction de visibilité des caractères et empan de saisie:

Il est toujours intéressant de disposer de lois quantitatives des phénomènes, même si ces lois sont approximatives. C'est ainsi que O'Regan (1981) a proposé un modèle permettant

d'estimer la perceptibilité des caractères dans différentes situations. Le modèle part d'une relation linéaire proposée par Jacobs (1979) entre l'angle de résolution minimum  $r_\phi$  en un point du champ visuel et l'excentricité  $\phi$  de ce point (il s'agit donc de la fonction inverse de la fonction d'acuité).

On a :

$$r_\phi = k\phi + r_0$$

où  $r_0$  est l'angle de résolution minimum au centre du champ visuel (pour  $\phi = 0$ ).  $r_0$  est estimé à environ 0,0001 radians<sup>(1)</sup>.

Le coefficient de pente  $k$  est estimé à 0,01 lorsque le stimulus est une lettre isolée et à environ 0,02 ou 0,03 lorsque la lettre est incluse dans une chaîne. On voit donc que l'interprétation théorique de  $k$  n'est pas simple et que le gradient d'acuité visuelle n'est sans doute pas seul en cause.

O'Regan introduit ensuite la notion de "grain" qui correspond au plus petit détail distinctif utile à l'identification du stimulus. Si  $g$  est la taille du grain et  $d$  la distance de l'oeil au stimulus, on a, à la limite de résolution et en exprimant les angles en radians :

$$g/d \approx k\phi + r_0$$

D'où l'on tire l'excentricité maximum à laquelle un caractère est identifiable :

$$\phi_{\max} = \frac{g}{dk} - \frac{r_0}{k}$$

(1) 1 rad = 3437,75'



Si la chasse des caractères est fixe et de largeur  $W$ , l'excentricité maximum exprimée en nombre de lettres est :

$$N_{\max} = \frac{\phi_{\max}}{W/d} = \frac{g - dr_o}{kW}$$

Ce modèle est naturellement assez approximatif, cependant, sa simplicité le rend très utile en pratique.

O'Regan a pu estimer expérimentalement que  $N_{\max}$  est de l'ordre de 2 à 4 lettres et ne dépend que faiblement de la distance  $d$ , ce qui est normal si cette distance reste dans certaines limites et que  $r_o$  est petit en regard de  $g$ .

On peut déduire de ce qui précède que le nombre de caractères qui peuvent être saisis en une fixation oculaire est  $2N_{\max}$ , soit  $N_{\max}$  de chaque côté du point de fixation, et l'on a donc un "empan visuel de saisie" qui serait de l'ordre de 4 à 8 caractères.

### 2.3 Processus d'échantillonnage des données perceptives :

On sait depuis les travaux de Javal au début du siècle que la lecture procède par fixations oculaires successives d'une durée d'environ 200 à 250 ms entre lesquelles l'oeil progresse par des saccades rapides dont la durée est de l'ordre de 20 ms à 40 ms. Selon O'Regan (1981), l'amplitude moyenne d'une saccade est d'environ 10 caractères et semble relativement peu variable.<sup>(1)</sup> Cette amplitude est sensiblement supérieure à l'empan visuel de saisie des caractères, ce qui laisse supposer qu'une partie

(1) Il y a aussi de temps à autres des saccades régressives d'une longueur moyenne d'environ 5 caractères.



des caractères composant le texte n'est pas vue distinctement. Il semble d'autre part, d'après diverses observations, que les points de fixation du regard tendent à se situer un peu à gauche du milieu des mots. O'Regan fait alors remarquer que la structure du lexique est telle que, si long que soit un mot, si on en connaît les 6 ou 7 premières lettres et que l'on peut en estimer la longueur, alors le mot est en général univoquement déterminé sans qu'il soit nécessaire d'identifier tous les caractères. Autrement dit, la lecture procéderait par échantillonnage des données perceptives les plus utiles. Cette hypothèse est bien illustrée par l'un des résultats d'O'Regan (1981) qui, étudiant l'effet de la position du point de fixation du regard sur le temps de latence de la prononciation de mots de différentes longueurs (5 à 11 lettres), trouve que le point de fixation optimum se situe invariablement aux environs du troisième caractère, quelle que soit la longueur du mot (fig. 8). De plus, le fait que la longueur des mots produit toujours un important effet semble exclure les interprétations qui ne feraient pas appel à une reconnaissance du mot complet avant le début de la réponse verbale. Il est donc probable que la troisième position est un optimum parce qu'elle permet de voir distinctement les 5 ou 6 premières lettres du mot qui sont nécessaires à son identification lexicale. On remarquera également d'après les courbes de la figure 8 que les lettres finales des mots longs sont certainement beaucoup moins informatives que les lettres initiales et que leur fixation entraîne des performances médiocres.

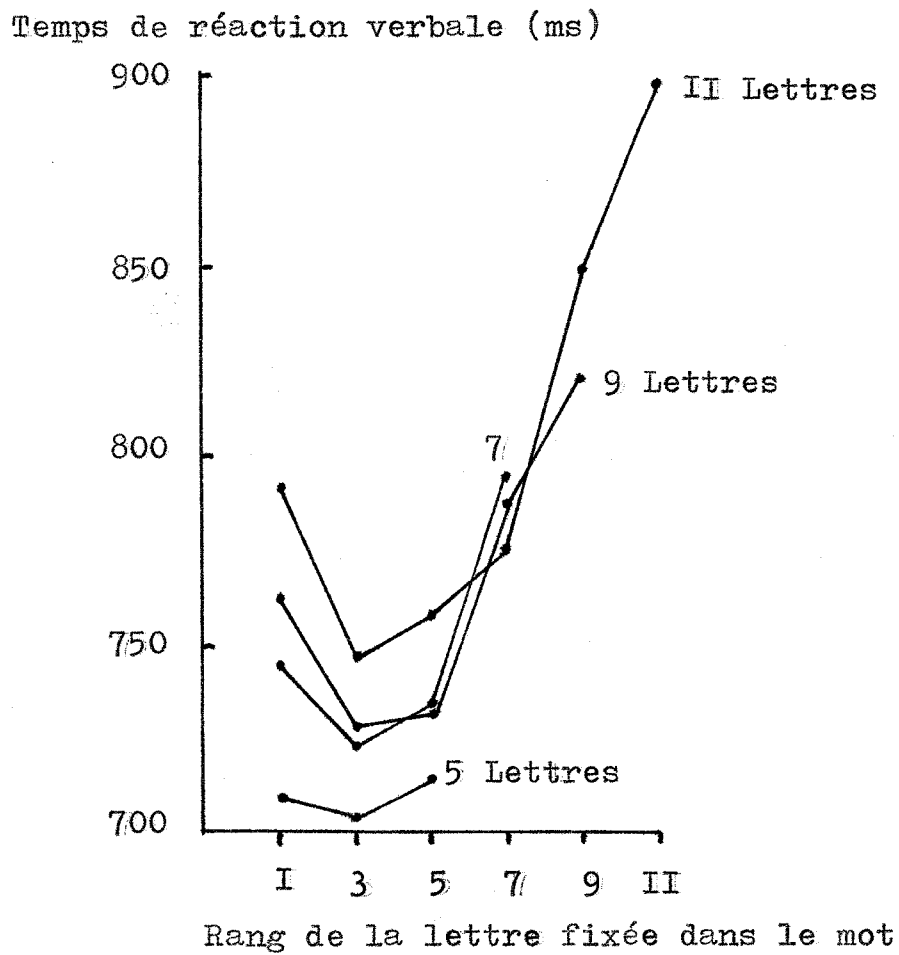


FIGURE 8 : Effet de la position du point de fixation initial sur la latence de la dénomination de mots de 5, 7, 9 et 11 lettres (d'après O'Regan, 1981 ).

### 3. EFFETS PARADOXAUX DE LA LONGUEUR DU STIMULUS

#### 3.1 Effet de chaîne élémentaire :

On a vu en 2.1 que des lettres voisines tendent à se masquer les unes les autres lorsqu'elles sont saisies en vision périphérique. Cependant, lorsque les lettres sont saisies dans la zone centrale du champ visuel, on peut observer un effet exactement inverse du précédent, c'est à dire que les interactions entre lettres voisines semblent être de nature à faciliter l'identification de ces lettres. Ainsi, Budohoska et al. (1975) ont montré que des lettres sont mieux identifiées, avec 17 ms de saisie tachystoscopique fovéale, lorsqu'elles sont présentées par couples plutôt qu'isolées (fig. 9). En outre, lorsque le sujet a pour tâche d'identifier les deux lettres, l'effet de couple semble ne porter que sur la lettre la plus à gauche (fig. 9a), mais si une seule des deux lettres doit être identifiée et que sa position relative est préspecifiée, alors l'effet de couple porte sur les deux lettres (fig. 9b). Les auteurs supposent que cette différence est liée au fait que l'identification des lettres procède en plusieurs phases, l'effet de couple se produisant lors d'une phase de traitement simultané des deux lettres. L'effet d'assymétrie gauche-droite résulterait d'une procédure plus tardive d'encodage verbal opérant séquentiellement de gauche à droite lorsque les deux lettres doivent être identifiées. La seconde lettre tendrait alors à être "oubliée" durant l'encodage de la première. Toujours est-il que l'effet de couple reste en soi



assez énigmatique, d'autant qu'il a été obtenu sur des couples de lettres formant ou ne formant pas mot dans la langue. Ceci suggère qu'il pourrait exister dans le système perceptif un étage d'intégration des chaînes de caractères élémentaires telles que les digrammes (couples de lettres).

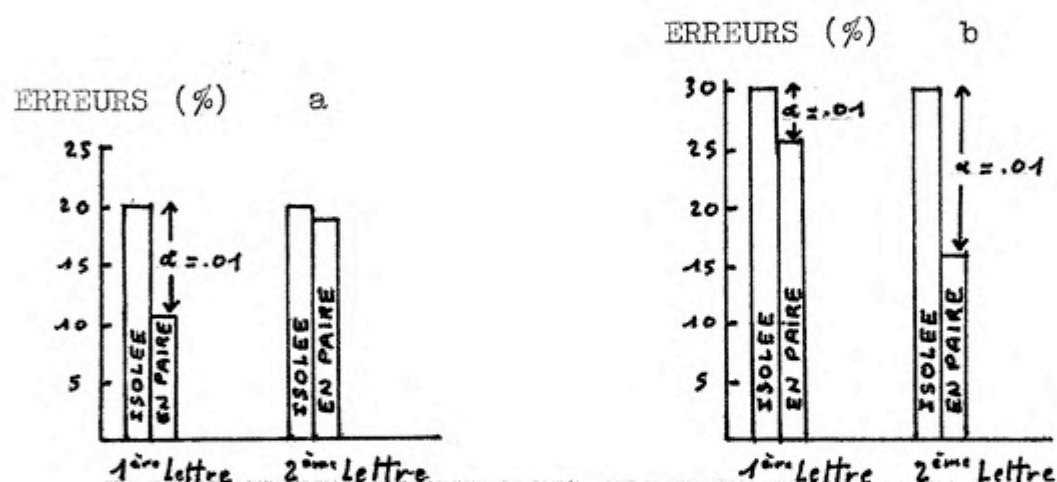


FIGURE 9 : Pourcentage d'erreurs d'identification de lettres présentées seules ou en couples pendant 17 ms suivant la position de la lettre dans le couple. En a, les deux lettres du couple doivent être identifiées. En b, une seule lettre dont la position relative est préalablement spécifiée doit être identifiée. (D'après Budohoska, Grabowska & Jablonowska, 1975)

### 3.2 Longueur et statut linguistique de la chaîne de caractères :

On sait depuis longtemps que les performances perceptives associées à la saisie de mots réels sont généralement très supérieures aux performances perceptives associées à la saisie de suites de lettres sans signification, ces dernières étant plus dépendantes de la longueur du stimulus.

On a avancé deux types d'explications pour rendre compte de ces phénomènes. La première explication possible serait que les mots sont traités comme des unités visuelles globales, ne nécessitant pas la saisie des lettres individuelles contrairement aux stimulus non lexicaux (cf. Smith, 1971, Johnson, 1975). Cependant, cette hypothèse a été radicalement falsifiée par une expérience de McClelland (1976) que nous examinerons plus loin. La seconde explication possible est que l'identification d'un mot relativement long ne nécessite pas la saisie de la totalité de ses lettres mais seulement d'une partie ainsi que nous l'avons vu au § 2. Ceci est probablement vrai jusqu'à un certain point mais n'est vraisemblablement pas suffisant pour expliquer l'effet de supériorité des mots dans tous les cas. C'est ainsi par exemple qu'il est relativement fréquent d'observer un effet de supériorité des mots sur des stimulus d'une longueur de quatre lettres en saisie tachystoscopique (Reicher, 1969) et cet effet ne semble pas dépendre du degré de redondance des lettres du stimulus (cf. Johnston, 1978).

On peut toutefois se demander si, dans des situations normales de saisie, la plus grande sensibilité des performances perceptives à la longueur des suites de lettres non lexicales n'est pas dans une certaine mesure liée à la nécessité d'effectuer pour ces dernières un plus grand nombre de fixations oculaires que pour les mots connus du sujet. Si cela est, il faut s'attendre à ce que des dégradations de la qualité visuelle du signal amplifient l'effet de longueur des chaînes non lexicales plus que l'effet de longueur des mots. Bolusset et al. (1982) ont étudié cette éventualité en manipulant la longueur du stimulus (3 lettres monosyllabique vs 6 lettres disyllabique), le statut linguistique du stimulus (mot vs pseudo-mot régulier) et la qualité visuelle du signal déterminée par le type de phosphore équipant l'écran cathodique de visualisation (P4 vs P4I). Les mots de 3 et 6 lettres étaient des mots courants et de fréquences d'usage équilibrées. La tâche des sujets consiste à saisir le stimulus le plus rapidement possible sur l'écran, puis à appuyer sur une touche qui provoque la disparition du stimulus et l'affichage d'une liste d'items dans laquelle le sujet doit rechercher le stimulus préalablement saisi. En examinant les temps de saisie (fig. 10) on constate que la longueur du stimulus accroît le temps de saisie en moyenne de 38 ms pour les mots et de 170 ms pour les pseudo-mots. D'autre part, l'effet de supériorité des mots est très important pour les stimulus de 6 lettres (138 ms) mais pratiquement négligeable pour les stimulus de 3 lettres (6 ms). Le fait remarquable est que la qualité visuelle du signal a un effet global significatif de 55 ms en moyenne, mais elle



n'interagit en aucune façon avec les autres facteurs. Ceci laisse supposer que l'interaction entre le statut linguistique du stimulus et sa longueur n'est pas liée à des variations systématiques du nombre de fixations oculaires nécessaires à la saisie. Ce résultat n'est pas en fait vraiment surprenant puisque la longueur de tous les stimulus utilisés ici reste dans les limites de l'empan visuel de saisie moyen (cf. § 2). Toutefois, l'existence d'une forte interaction lexicalité-longueur dans ces conditions suggère que le phénomène n'a rien à voir avec les limitations de la capacité visuelle de saisie.

TEMPS DE SAISIE (ms)

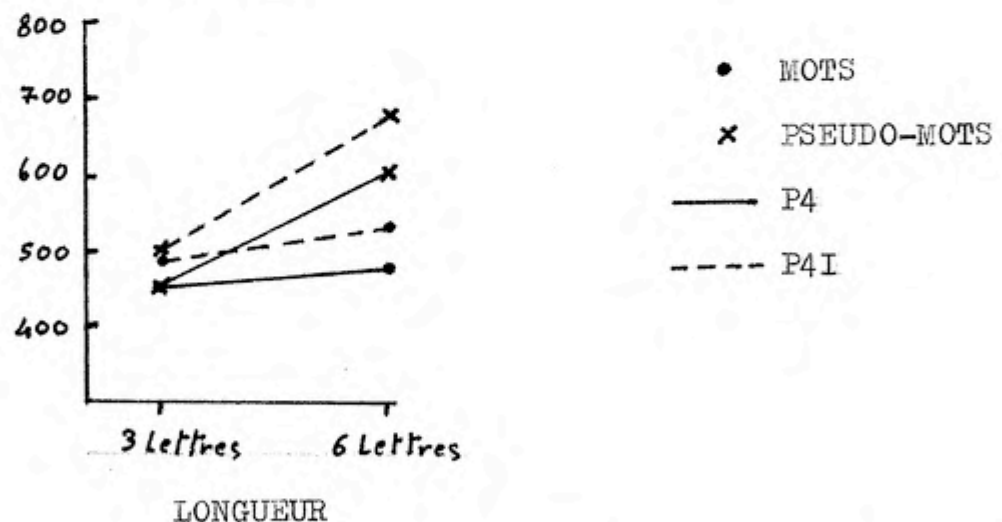


FIGURE 10 : Variation du temps de saisie en fonction de la longueur et du statut linguistique du stimulus pour deux qualités visuelles du signal différentes. Le phosphore P4 est blanc et peu rémanent, le phosphore P4I<sub>2</sub> est jaune et rémanent. La luminance du signal est de 40 cd/m<sup>2</sup> et la fréquence image de 50 Hz. (D'après Bolusset, Devauchelle et Courrieu, 1982 )

Il semble donc que les interprétations invoquant la possibilité d'ignorer tout ou partie des lettres d'un mot soient vouées à l'échec. Il convient alors de rechercher une autre voie et l'on peut se dire que si l'interaction lexicalité-longueur n'est pas liée au processus de saisie perceptive, elle est peut-être liée aux processus d'encodage mnémonique du stimulus. En effet, un mot peut être intégré et mémorisé en tant qu'unité lexicale et il ne s'agit alors que de repérer ou d'activer un élément déjà présent en mémoire permanente. Une suite de lettres non lexicale n'est en revanche pas une unité répertoriée dans le système mnémonique permanent et, de ce fait, sa mémorisation temporaire nécessite probablement la mise en oeuvre de procédures d'encodage particulières telles qu'un transcodage grapho-phonétique donnant accès à la mémoire verbale immédiate par exemple (cf. Conrad, 1964, 1972). Dans ces conditions, il est parfaitement compréhensible que la cadence d'encodage mnémonique des pseudo-mots puisse être plus lente que celle des mots et il est donc logique que l'effet de longueur soit plus important pour les <sup>5</sup>pseudo-mots. Malheureusement cette interprétation, pour plausible qu'elle soit, s'avère encore insuffisante compte tenu de données récentes. Il semble en effet qu'il existe un effet de chaîne lexicale tel que les lettres individuelles d'un mot sont d'autant mieux perçues que le mot est plus long jusqu'à une certaine limite de l'ordre de trois ou quatre lettres. En outre, il apparaît que cet effet n'existe pas pour des suites de lettres quelconques. Samuel et al. (1982) ont découvert ce



phénomène singulier en utilisant la technique expérimentale de Reicher (cf. Reicher, 1969). Cette technique consiste à présenter le stimulus un bref instant à l'aide d'un tachystoscope, suivi aussitôt d'un pattern visuel masquant qui vient se superposer au stimulus de façon à limiter les effets de la mémoire sensorielle visuelle (cf. Sperling, 1960, Neisser, 1967). On présente ensuite au sujet une alternative dont les deux termes ne se différencient généralement que par un seul élément "critique" (une lettre s'il s'agit de deux mots par exemple) et le sujet doit choisir entre ces deux termes celui qui à son avis **correspond** au premier stimulus. Cette procédure permet d'éviter que l'élément critique puisse être inféré par le sujet à partir de la seule connaissance des autres éléments. Dans ces conditions, Samuel et al. montrent deux choses importantes. La première est que des mots d'une seule lettre (A et I en anglais) ne sont pas mieux reconnus que d'autres lettres isolées même lorsque la composition du corpus expérimental de stimulus incite le sujet à effectuer un traitement lexical. La seconde est que le pourcentage de choix forcés corrects augmente avec la longueur du stimulus jusqu'à trois ou quatre lettres dans le cas où le stimulus est un mot de la langue mais non si c'est une suite de lettres aléatoire (fig. II). Il est donc clair qu'il n'y a en soi ni effet de supériorité des mots ni effet de longueur, mais il y a un effet résultant spécifiquement de la combinaison lexicalité-longueur que nous appellerons "effet de chaîne lexicale" marquant ainsi sa parenté avec l'effet de chaîne élémentaire



examiné en 3.1 par le fait que dans les deux cas, la saisie ou la mémorisation des lettres individuelles est facilitée par l'inclusion dans une suite. On peut alors imaginer que l'effet de chaîne lexicale joue dans le traitement des mots un rôle compensatoire qui, réduisant le temps de traitement de chaque composant orthographique en fonction directe du nombre des composants, permettrait de n'obtenir qu'une augmentation minime du temps de traitement total en fonction de la longueur du mot. Toutefois, l'effet de chaîne lexicale lui-même reste énigmatique et, de l'aveu même des auteurs, on ne dispose actuellement d'aucune interprétation théorique satisfaisante.

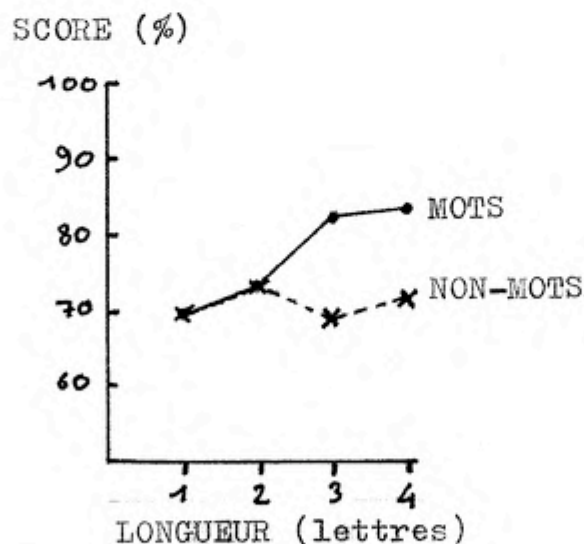


FIGURE II : Pourcentage de choix forcés corrects établi par la technique de Reicher (1969) en fonction de la longueur et du statut linguistique du stimulus. (D'après Samuel, Van Santen et Johnston, 1982 )

#### 4. MEMOIRES TRANSITOIRES ET ETAGES D'INTEGRATION

##### 4.I Mémoire iconique :

La notion de "mémoire iconique" fut introduite par Neisser en 1967 pour désigner les phénomènes, par ailleurs étudiés de longue date, de persistance sensorielle de l'information visuelle après la disparition du signal stimulus. Il semble que les premiers travaux sur cette question remontent à la fin du siècle dernier avec en particulier les recherches de Baxt (1871) et de Wundt (1899). L'idée de base, suggérée par Cattell en 1883, est que lors d'une stimulation visuelle très brève, le sujet saisit beaucoup plus d'information qu'il n'est capable d'en analyser de façon détaillée et d'en restituer. Cette information visuelle serait maintenue à disposition des processus d'identification centraux durant quelques instants par la mémoire sensorielle visuelle. L'évolution temporelle de la mémoire iconique a été particulièrement bien étudiée par Sperling (1960) à l'aide d'une méthode originale permettant d'estimer le contenu de la mémoire sensorielle à différents instants. Cette méthode consiste à présenter au sujet très rapidement (50 ms) à l'aide d'un tachyscope une matrice de  $P \times P$  lettres, soit  $P^2$  lettres, puis à lui faire entendre un signal sonore dont la hauteur, variable d'un essai à un autre de façon très discriminable, lui indique la position dans la matrice d'une ligne de  $P$  lettres qu'il a pour tâche de restituer sélectivement. On peut alors

faire varier le délai séparant le stimulus du signal de sélection de la ligne à restituer et estimer le nombre D de lettres potentiellement disponibles dans la mémoire iconique par :

$$D = \frac{R}{P} \times P^2 = RP$$

où R est le nombre de lettres correctement restituées par ligne demandée.

On peut voir sur la figure I2 l'évolution temporelle de la mémoire iconique pour  $P = 3$ , comparée à la capacité de restitution normale.

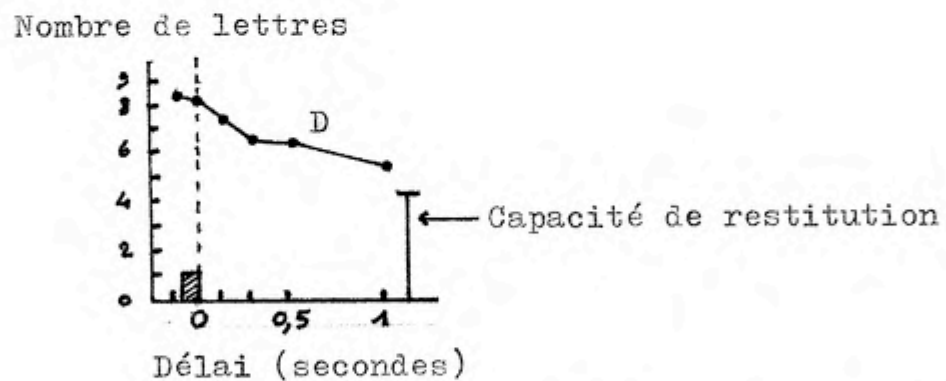


FIGURE I2 : Evolution temporelle de la mémoire iconique pour une matrice de 3 X 3 lettres exposée 50 ms et un délai du signal de sélection variant de -0,1 s à 1 s par rapport à la fin de l'exposition du stimulus. La barre de droite indique la capacité de restitution ordinaire. (D'après Sperling, 1960)

Toutefois, la durée de vie de l'icone est très dépendante des conditions d'exposition du stimulus et des conditions post-exposition qui peuvent engendrer des phénomènes de masquage suggérant que le contenu de la mémoire iconique est renouvelé chaque fois qu'une nouvelle image visuelle est saisie.




#### 4.2 Masquage visuel et encodage de l'information :

Les phénomènes de masquage visuel ont été abondamment étudiés depuis quelques dizaines d'années à l'aide de techniques expérimentales dont le principe général consiste à présenter le stimulus un court instant, suivi d'un autre stimulus qui vient se superposer au précédent dont il détruit l'image iconique et engendre ainsi l'effet de masque. Il est à remarquer que dans ces conditions, les performances perceptives du sujet dépendent beaucoup moins du temps d'exposition du stimulus que du délai séparant l'affichage du stimulus de l'affichage du masque visuel (cf. Schiller, 1965, 1966). Ceci est compréhensible puisque le maintien temporaire de l'information est assuré par la mémoire iconique et que celle-ci semble pouvoir être activée par des stimulations extrêmement brèves de l'ordre de quelques millisecondes. Le problème est en fait que l'information saisie soit maintenue dans l'icone durant un délai suffisant pour permettre aux processus d'identification du stimulus d'opérer et de sauvegarder l'information dans des formes de mémoires moins labiles. Toutefois, il s'agit là d'une conception assez simpliste qui n'a semble-t-il de valeur qu'en première approximation dans la mesure où ce qu'on nomme "mémoire iconique" ne désigne probablement pas une entité unique et homogène à fonction purement mnémonique, mais plutôt une fonction particulière du système perceptif. C'est ainsi, par exemple, que l'effet de masque ne se réduit pas à une simple substitution d'une image à une autre.

On peut en effet montrer que si le second stimulus exerce un effet de masque "rétroactif" sur le premier, il est également vrai que le premier stimulus exerce sur le second un effet de masque dit "proactif", celui-ci étant le plus souvent moins puissant que le premier. De plus, l'importance des effets de masque dépend du degré de ressemblance entre les deux stimulus successifs (recouvrement plus ou moins important) de telle sorte que le masquage est d'autant plus fort que les stimulus sont plus semblables (cf. Schiller, 1966, Fraisse, 1970). Ceci suggérerait qu'il existe un processus d'interaction des signaux plutôt qu'un processus de substitution pure et simple. En outre l'effet de masque dépend de facteurs purement catégoriels, ainsi que nous le verrons au paragraphe suivant, ce qui indique que le problème n'est pas limité au système visuel. On peut cependant retenir sans risque d'erreur que le système perceptif est doté de fonctions de mémorisation transitoire qui, même si elles ne sont pas propres aux niveaux sensoriels ainsi que le laisserait supposer la notion d'icone, sont tout-à-fait distinctes des fonctions de mémorisation à plus long terme auxquelles le sujet semble avoir recours pour former ses réponses explicites. On peut alors se demander dans quels délais et dans quel ordre éventuel la perception encode les différentes informations relatives au stimulus de façon à les rendre disponibles. C'est là en fait une question qui comporte de multiples aspects que nous examinerons en plusieurs étapes et qui est liée de très près au thème central de nos recherches.



Nous considèrerons tout d'abord le cas de stimulus relativement simples tels que des caractères isolés. Dans ce cas, le stimulus est défini par une certaine forme qui donne accès à son identité s'il en possède une, et par une certaine position dans le champ visuel ou par rapport à d'autres stimulus éventuels. Snyder (1972) a suggéré que la position du stimulus devait être repérée préalablement à son identification, hypothèse qui semble assez conforme à l'intuition et qui est de fait à la base de la plupart des modèles théoriques de la perception des lettres et des mots. Cependant, l'intuition n'est pas toujours un bon guide en matière de perception et nous aurons sur cette question particulière l'occasion de le démontrer à plusieurs reprises. Les premiers résultats qui sont, à notre connaissance, de nature à introduire le doute ont été obtenus par Logan (1975). La technique utilisée par Logan consiste à exposer pendant 10 ms quatre stimulus disposés sur les quatre coins d'un carré imaginaire de 2° d'angle visuel et qui sont ensuite masqués par quatre formes (  ) avec un délai variable. Sur l'un des quatre coins, imprévisible pour les situations qui nous intéressent, le stimulus est l'une des quatre lettres cibles a, o, e ou c, également imprévisible pour les situations qui nous intéressent. Sur les trois coins restants, les stimulus bruits peuvent être suivant les cas des blancs, des pseudo-caractères non alphabétiques ou des Xs dont le sujet sait qu'ils ne sont pas à prendre en compte. La tâche du sujet est de donner soit l'identité de la lettre cible, soit sa position suivant les cas, un point de repère visuel matérialisant le centre du carré imaginaire.



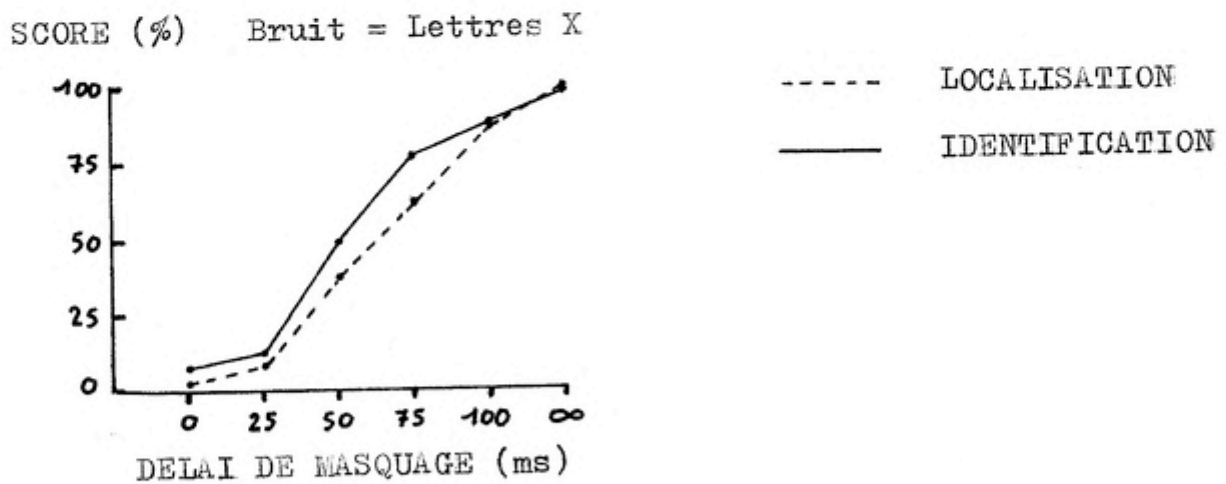
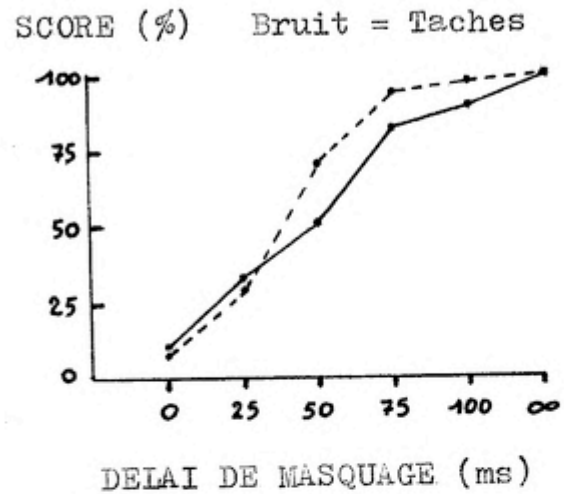
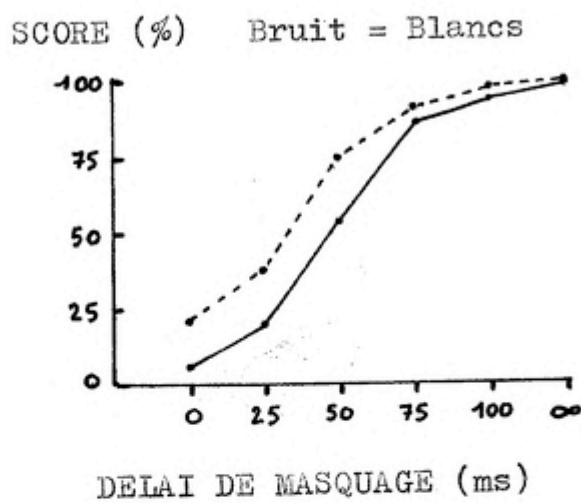


FIGURE I3 : Pourcentage de localisations et d'identifications correctes de la lettre cible suivant la nature des éléments bruits et en fonction du délai de masquage visuel.  
(Données extraites de Logan, 1975 )

On peut constater sur la figure I3 que les performances de localisation et d'identification de la lettre cible augmentent de façon monotone avec le délai de masquage et que l'exactitude des réponses est pratiquement de 100 % lorsqu'il n'y a pas de masque ( $\infty$ ) malgré la brièveté de la stimulation (10 ms). Mais on remarque qu'il existe entre la localisation et l'identification des décalages systématiques qui dépendent de la nature des éléments bruits présentés en même temps que la cible. Lorsque les distracteurs sont des blancs (i.e rien de discernable du fond ), la localisation est meilleure que l'identification. Lorsque les distracteurs sont des taches, l'avantage de la localisation sur l'identification n'apparaît qu'au-delà d'un délai de masquage de 25 ms. Mais lorsque les distracteurs sont des lettres X, le décalage est à l'avantage de l'identification de la lettre cible par rapport à sa localisation, particulièrement aux environs de 75 ms de délai de masquage. Précisons que par ailleurs, Logan trouve que l'identification est toujours meilleure lorsque la position de la cible est préspecifiée, mais ceci n'appelle guère de conclusion dans la mesure où dans ce cas, le sujet a toujours la possibilité de centrer son regard et son attention sur la position critique. En prenant comme critère de performance au seuil 50 % de réponses correctes, on peut estimer grossièrement\* à partir des données de Logan que les délais seuils de localisation et d'identification avec des distracteurs blancs, taches et lettres X sont respectivement de l'ordre de 34,5 ms et 47,4 ms, 37,5 ms et 48,5 ms, et enfin 62,1 ms et 51,4 ms.

\* Par interpolation linéaire.

On obtient donc un phénomène surprenant qui est que l'identification semble précéder la localisation de la cible, mais uniquement lorsque d'autres lettres sont présentes dans le champ. On peut d'autre part remarquer que les performances d'identification varient peu en fonction de la nature des distracteurs alors que les performances de localisation varient beaucoup plus. Les causes de ces phénomènes ne sont pas connues à l'heure actuelle mais on peut conjecturer que le traitement des relations spatiales entre lettres diffère quelque peu du traitement des relations spatiales entre formes visuelles et il est donc possible qu'il existe dans la perception un espace "alphabétique" tout-à-fait distinct de l'espace visuel. Plus précisément, tout semble se passer comme si le sujet pouvait localiser l'élément visuellement différent des autres avant l'identification mais que la saisie de plusieurs lettres entraîne automatiquement une réorganisation de la représentation des relations spatiales consécutive à l'identification des lettres, ce qui expliquerait à la fois la forte augmentation des seuils de localisation en présence de plusieurs lettres et l'inversion des performances d'identification et de localisation observée.

Nous tenterons ultérieurement d'apporter quelques précisions à ces conceptions un peu floues pour l'instant, mais on peut dès à présent s'interroger sur l'existence d'un espace proprement alphabétique dans le système perceptif. La première caractéristique d'un tel espace est bien évidemment que les éléments qui y sont définis sont des lettres et il nous faut donc chercher s'il existe un étage spécifique de traitement des lettres.



#### 4.3 Masquage catégoriel et étages d'intégration :

L'hypothèse suivant laquelle il existerait dans le système perceptif un étage de reconnaissance des composants orthographiques interposé entre le système visuel et le lexique mental constitue la base de tous les modèles dits "analytiques" ou encore "hiérarchiques" de la reconnaissance des mots écrits. Il existe aujourd'hui de nombreuses preuves expérimentales de la réalité d'une telle structure et nous aurons l'occasion d'en examiner plusieurs exemples. Celui que nous présentons ici est directement lié aux problèmes de masquage dont il va nous permettre de préciser la nature et la variété. Il s'agit de trois expériences réalisées par Johnston et McClelland (1980) et utilisant la technique expérimentale de Reicher (voir § 3.2 p 41). Les auteurs ont étudié les effets de trois types de masques sur deux types de stimulus cibles. Les cibles pouvaient être soit des lettres isolées soit des mots de quatre lettres et on a vu en 3.2 que les seconds sont "mieux perçus" que les premières. Les masques pouvaient être soit des patterns visuels formés de fragments de lettres recombinaés de façon anarchique, soit des suites aléatoires de quatre lettres, soit enfin des mots réels de quatre lettres différents de la cible. Schématiquement, le raisonnement expérimental est que si les formes visuelles servent d'entrées à un étage de reconnaissance des lettres et que les lettres reconnues servent d'entrées à un étage de reconnaissance des mots, alors tout masque contenant des lettres

devrait être actif à la fois sur les cibles mots et sur les cibles lettres, mais un masque qui ne contiendrait que des formes visuelles sans identité alphabétique devrait être moins actif sur des cibles mots que sur des cibles lettres du fait que dans ce cas il n'y a pas de réponse de l'étage de reconnaissance des lettres au masque et donc pas d'entrée interférente pour l'étage de reconnaissance des mots.

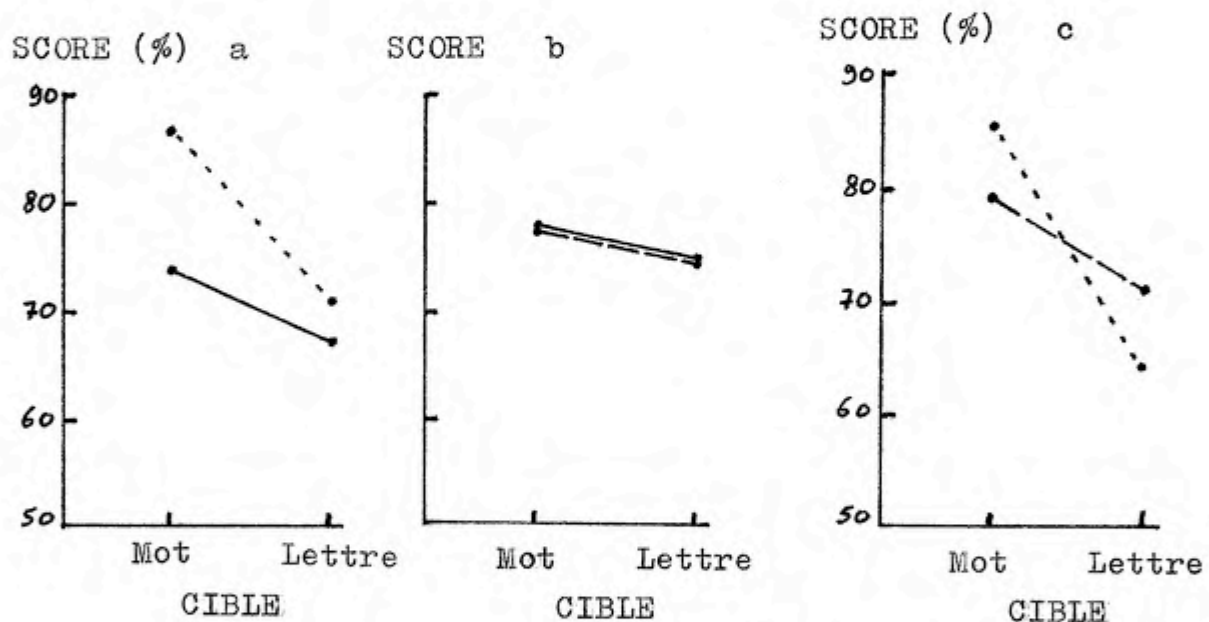


FIGURE I4 : Pourcentage de choix forcés corrects par la technique de Reicher suivant que le stimulus cible est un mot ou une lettre et suivant que le masque est un pattern de traits (---), une suite aléatoire de lettres (---) ou un mot (—). Dans l'expérience c, les temps d'exposition sont ajustés de façon à obtenir des performances moyennes égales (75 %) pour les masques de traits (51,5 ms) et les masques de lettres (61,5 ms). Dans les expériences a et b, les temps d'exposition sont ajustés de façon à obtenir globalement environ 75 % de réponses exactes, soit en moyenne 61,5 ms en a et 72,5 ms en b.

(D'après Johnston & McClelland, 1980 )



On peut voir sur la figure I4 qu'un masque de traits visuels est moins actif qu'un masque mot mais, alors que l'écart entre les deux types de masques est minime lorsque la cible est une lettre isolée, il est beaucoup plus important lorsque la cible est un mot, l'effet du masque de traits étant dans ce cas particulièrement faible (a). D'autre part, les masques mots et les masques lettres ont des effets identiques sur les deux types de cibles (b). Enfin, l'effet de supériorité des cibles mots sur les cibles lettres est plus important lorsque le masque est un pattern de traits plutôt qu'une suite aléatoire de lettres (c). En fait, compte tenu de l'ajustement des temps d'exposition de la cible (voir légende fig. I4), les résultats de l'expérience c sont fondamentalement analogues à ceux de l'expérience a, ce qui est logique étant donnés les résultats obtenus en b. Il est donc clair que tout masque contenant des lettres est actif aussi bien sur les cibles lexicales que sur les lettres isolées, mais un masque visuel non alphabétique est beaucoup moins actif sur les mots que sur les lettres. En somme, tout semble se passer comme s'il existait entre le lexique et le système visuel un étage qui filtre l'information visuelle et ne laisse passer que les signaux alphabétiques, autrement dit, un étage de reconnaissance des lettres.

On voit d'autre part que les phénomènes de masquage ne doivent pas toujours s'interpréter dans un cadre strictement sensoriel puisque le masquage sélectif des mots par des lettres révèle l'existence de déterminants catégoriels, donc abstraits.



#### 4.4 Masquage séquentiel :

Le terme de "masquage séquentiel" désigne une classe de phénomènes dont les déterminants semblent relativement complexes mais qui se caractérisent tous par le fait que lorsqu'on présente un par un plusieurs stimulus tels que des formes géométriques simples ou des lettres occupant des positions visuelles distinctes, il existe pour certaines cadences critiques de présentation un effet de masque des derniers éléments présentés sur les premiers. Il semble donc s'agir d'un effet de masque essentiellement rétro-actif mais qui a la particularité d'être distribué dans l'espace. L'étude de ces phénomènes est relativement importante dans la mesure où elle révèle des problèmes non triviaux, et du reste en majeure partie non résolus, concernant les structures de base du système perceptif. Il apparaît en particulier que certaines configurations spatio-temporelles de la stimulation induisent des effets de masquage séquentiel plus puissants que d'autres configurations et que ces effets dépendent en outre du degré de similitude géométrique entre les éléments masquants et les éléments masqués. Par exemple, Mayzner et Tresselt (1969) ont remarqué qu'en présentant cinq éléments avec 20 ms d'exposition par élément et un délai interstimulus de 20 ms également, si on utilise un ordre spatio-temporel tel que 3I425, où les chiffres représentent le rang chronologique et leur position la position spatiale du stimulus, alors le premier et le deuxième élément présentés (deuxième et quatrième position) tendent à ne pas être vus par le sujet. En outre, les auteurs montrent en utilisant

des stimulus géométriques simples tels que des carrés et des losanges, que si l'on transforme exclusivement les deux stimulus masqués en trapézoïdes en réduisant la longueur d'un des côtés des figures de base, ce qui a pour effet de les différencier géométriquement des éléments masquants, alors l'effet de masque séquentiel est d'autant plus faible que la différence est plus importante (fig. 15). Mayzner et Tresselt supposent que sous certaines contraintes spatio-temporelles, les formes identiques sont traitées par les mêmes analyseurs géométriques identifiés à des colonnes corticales au sens de Hubel et Wiesel (1962,1968).

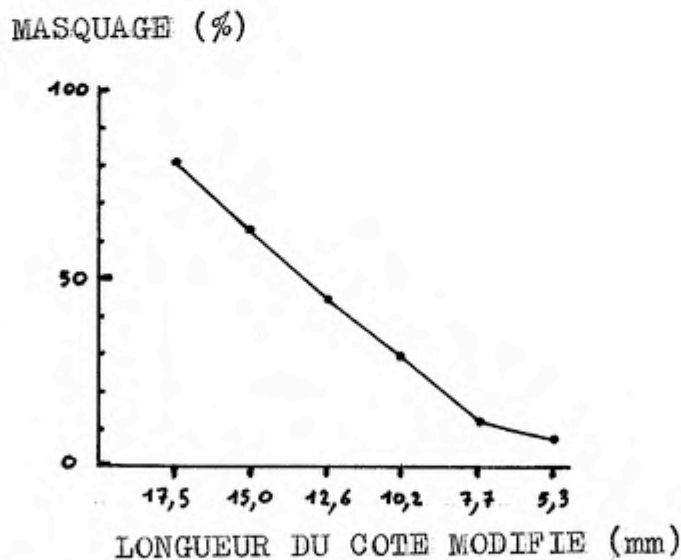


FIGURE 15 : Variation du pourcentage de masquage séquentiel dans une séquence spatio-temporelle 3I425 de losanges de 17,5 mm de côté, les éléments masqués (-I-2-) étant progressivement transformés en trapézoïdes par réduction de la longueur d'un des cotés du losange de base. Plus les éléments masquants et masqués sont différents, moins l'effet de masque est important. (D'après Mayzner & Tresselt, 1969 )



Les phénomènes de masquage séquentiel s'observent également lorsque les stimulus sont des caractères alphabétiques et pour diverses configurations spatio-temporelles, quoique l'importance des effets varie d'une configuration à une autre (cf. Mayzner & Tresselt, 1970 , Mewhort & al., 1978). Certaines observations dues à Mewhort & al. (1978) suggèrent qu'une lettre a toutes les chances d'être masquée si elle est chronologiquement suivie par une lettre se trouvant spatialement à sa gauche, mais cette règle semble échouer dans le cas particulier où la lettre à masquer est chronologiquement précédée par une lettre se trouvant spatialement à sa droite (cf. Mewhort & al. p 135, fig. 2).

Une lettre est également masquée, quoique moins fortement, quand elle est chronologiquement suivie par une autre lettre se situant spatialement à sa droite, phénomène qui est de nature à disqualifier certaines méthodes d'étude du processus d'analyse des mots utilisant une présentation séquentielle des lettres de gauche à droite (cf. Travers, 1975). En effet, dans ce cas, toute chute de performance due à la sériation de la présentation du stimulus peut s'interpréter en termes de masquage séquentiel.

Du point de vue temporel, la période critique de masquage n'est qu'approximativement connue et pourrait s'étendre jusqu'à 200 ou 300 ms de délai avec un optimum variant de 20 à 100 ms suivant les estimations et diverses conditions de stimulation.

Grabowska (1976) a étudié l'effet du délai séparant l'affichage des deux lettres d'un digramme sérié de gauche à droite, chaque lettre étant exposée 17 ms, sur l'identification de chacune des deux lettres par rapport à une situation contrôle où elles sont



présentées isolément aux mêmes positions visuelles que celles qu'elles occupent respectivement dans le digramme. On peut voir sur la figure I6 que les effets de couple et de masque portent essentiellement sur l'identification de la première des deux lettres (voir § 3.1). D'autre part, le délai critique de masquage séquentiel est inférieur à 250 ms et le masquage maximum semble être obtenu aux environs de 20 ms avec toutefois l'incertitude liée à l'échantillonnage des délais expérimentaux.

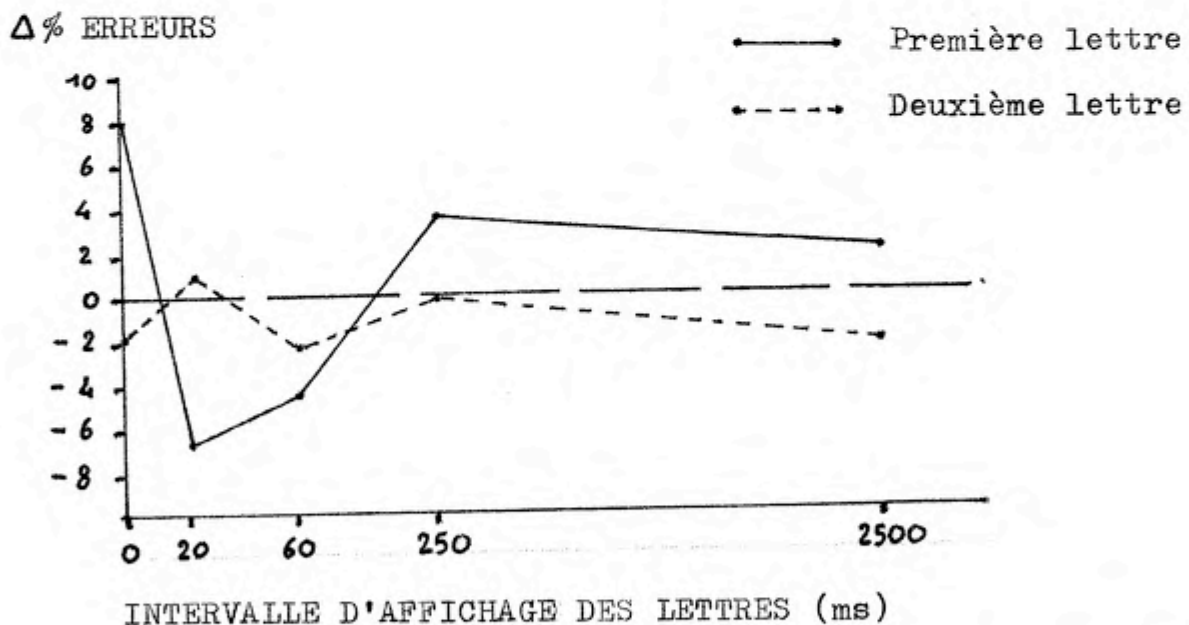


FIGURE I6 : Effet du délai séparant l'affichage des deux lettres d'un digramme de gauche à droite sur l'identification de chacune de ces lettres. Le délai 0 correspond à une présentation simultanée (17 ms). En ordonnée : soustraction du pourcentage d'erreurs d'identification des lettres en digramme au pourcentage d'erreurs d'identification des mêmes lettres isolées.

(D'après Grabowska, 1976 )

Grabowska interprète ses observations dans le cadre de la théorie d'inspiration physiologique de Breitmeyer et Ganz (1976) suivant laquelle deux types de systèmes de cellules nerveuses ou "canaux" interviennent dans le traitement de l'information visuelle. Les canaux "transitoires" ont une réponse rapide et de courte durée (quelques dizaines de millisecondes) et leur activité inhibe celle des canaux "soutenus" dont la réponse est plus longue (quelques centaines de millisecondes). Le masquage séquentiel résulterait du fait que la réponse transitoire au second stimulus inhibe la réponse soutenue au premier stimulus durant sa phase critique d'activité. Cette conception peut en outre s'appliquer à tous les phénomènes de masquage rétroactif. Ceci permettrait en particulier que des signaux visuels saisis<sup>S</sup> successivement ne soient pas mélangés par le système perceptif.

## 5. UNITES DE CODAGE

### 5.1 Le caractère et la lettre :

Nous avons établi en page 5 de notre introduction une distinction intuitive entre le "caractère", considéré comme une unité graphique définie par ses propriétés géométriques, et la "lettre" considérée comme une unité alphabétique abstraite qui peut être visuellement représentée par divers caractères (majuscule ou minuscule, italique ou romain, etc.). D'un point de vue intuitif, cette distinction n'est pas très difficile à admettre, mais notre problème est ici de déterminer dans quelle mesure elle possède une certaine pertinence perceptive. Plus précisément, nous voulons savoir s'il existe dans le système perceptif un niveau d'encodage des lettres distinct d'un niveau d'encodage des caractères. Dans l'affirmative, il faudrait naturellement supposer que l'identification d'une lettre est subordonnée à l'identification d'un caractère la représentant graphiquement, c'est-à-dire qu'il existerait quelque chose d'analogue à un étage d'analyse des caractères interposé entre le système visuel, dont il peut éventuellement faire partie, et l'étage de codage des lettres. Compte tenu de ce qui a été dit en 4.3, la seconde hypothèse de l'alternative serait que la perception ne distingue pas entre lettres et caractères, ce qui revient à réduire l'étage "alphabétique" à l'étage d'identification des caractères. En fait, le problème n'est pas aussi simple que pourrait le laisser supposer la présentation que nous en faisons. La difficulté majeure provient



de l'incertitude totale dans laquelle nous sommes quant'à la nature des mécanismes fondamentaux du codage perceptif. Nous avons en effet adopté jusqu'ici de façon implicite une conception assez directement inspirée de la neurophysiologie (voir § I.4.2) où l'on suppose une organisation hiérarchique du système perceptif en un certain nombre d'étages d'intégration composés de détecteurs spécialisés dont chacun intègre sélectivement les signaux provenant d'un groupe déterminé de détecteurs situés à l'étage inférieur. Il s'agit là d'une conception où l'identité d'un signal transmis est entièrement déterminée par sa provenance, c'est-à-dire par le détecteur spécialisé qui l'a émis et la connexion qui le transmet. Dans ces conditions, il est logique de supposer que la réduction des variantes graphiques de l'alphabet s'opère en au moins deux étages distincts, chaque détecteur de caractère intégrant les composants géométriques actifs qui se trouvent dans son ensemble de définition, et chaque détecteur de lettre réalisant l'analogie d'une opération "OU" sur les différents caractères susceptibles de représenter cette lettre. Toutefois, la physiologie elle-même n'interdit pas d'imaginer d'autres types de processus de codage de l'information faisant appel par exemple aux caractéristiques propres du signal transmis (fréquence) pour différencier les messages (cf. Nelson, 1978). Dans ces conditions, on peut théoriquement obtenir un codage de type "logiciel" beaucoup moins dépendant des structures "matérielles", principe qui est par exemple utilisé dans la conception des systèmes informatiques.

L'éventualité d'un codage logiciel est à considérer dans le problème qui nous occupe dans la mesure où elle permet en principe à différentes structures sources d'émettre un même signal caractéristique. En clair, différents analyseurs de caractères pourraient émettre un même signal de réponse, caractéristique d'une lettre donnée, sur une ligne de transmission ("bus") non spécifiquement associée à cette lettre. Dans ces conditions, la réduction des variantes graphiques de l'alphabet ne nécessite théoriquement pas l'existence d'un étage particulier de détection des lettres succédant à la détection des caractères.

Du point de vue expérimental, on ne dispose pas actuellement de résultats véritablement décisifs. Cependant, certaines observations semblent de nature à faire pencher la décision en faveur d'un modèle à deux étages distincts pour les caractères et les lettres. Par exemple, Egeth et Santee (1981) ont mis en évidence l'existence d'une composante "perceptuelle" et d'une composante "conceptuelle" dans "l'effet d'infériorité des lettres répétées" découvert par Bjork et Murray (1977). Cet effet rappelle beaucoup les effets de similitude entre éléments observés dans les expériences de masquage séquentiel (voir § 4.4) et se caractérise par le fait que deux lettres identiques présentées un bref instant simultanément l'une à côté de l'autre sont moins bien perçues que deux lettres différentes présentées de la même façon.

Egeth et Santee trouvent que l'effet est maximum pour deux caractères identiques (AA), qu'il est moindre mais encore tout-à-fait considérable pour deux lettres identiques (Aa) par rapport à des lettres différentes (AE, Ae, AK) et en déduisent



que le phénomène comporte des déterminants abstraits expliquant l'effet sur Aa auxquels viennent s'ajouter des déterminants visuels pour AA (fig. I7). Il semble donc qu'on retrouve des phénomènes d'interaction latérale analogues au niveau des caractères et au niveau des lettres et que ces phénomènes soient susceptibles d'additionner leurs effets respectifs, ce qui est conforme à ce que l'on pourrait attendre de la superposition de deux étages d'intégration distincts fonctionnant suivant des principes comparables. Il reste cependant que l'effet d'infériorité des lettres répétées lui-même n'est pas sans poser quelques problèmes théoriques, mais nous y reviendrons dans un contexte plus approprié.

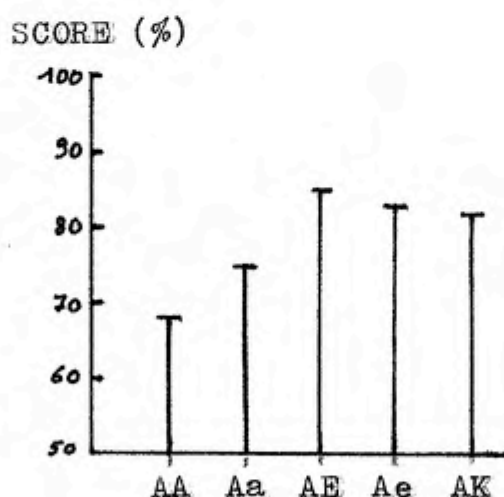


FIGURE I7 : Pourcentage de détections d'une lettre cible suivant le type de couple de caractères dans lequel elle est insérée : caractères identiques (AA), lettres identiques (Aa) ou lettres différentes (AE, Ae, AK). Le temps d'exposition est ajusté pour chaque sujet de façon à obtenir 80 % de détections correctes en moyenne (35 à 75 ms) et le stimulus est suivi d'un masque visuel. (D'après Egeth & Santee, 1981 )



## 5.2 La lettre et le mot :

De nombreux auteurs ont été amenés à supposer que le mot est une unité critique de reconnaissance, c'est-à-dire qu'il pourrait être directement reconnu à partir de ses propriétés visuelles préalablement ou indépendamment de toute analyse en composants orthographiques plus petits tels que les lettres. Cette opinion ne manquait pas d'être soutenue par plusieurs arguments expérimentaux apparemment très solides. Le premier argument est naturellement l'effet de supériorité perceptive des mots de la langue sur les suites de lettres non lexicales et déjà Cattell (1886) avait démontré que le sujet peut restituer correctement plus de lettres lorsque le stimulus, présenté un bref instant, est un mot plutôt qu'une suite aléatoire de lettres de même longueur (voir aussi Huey, 1908; Smith, 1971; Johnson, 1975) . Le raisonnement était que si l'identification des lettres précède celle du mot, il n'est pas logique que cette identification dépende du statut linguistique du stimulus, d'où il semble à première vue raisonnable de conclure que l'identification du mot ne dépend pas de celle des lettres qui le composent. Deux types d'objections pouvaient être avancées à l'encontre de cette conclusion. La première est que les lettres d'un mot sont partiellement redondantes en raison des contraintes lexicales (voir § 2) et de ce fait l'identification d'une partie des lettres d'un mot peut suffire à le déterminer univoquement et donc à déduire les lettres restantes. La seconde objection est que les procédures expéri-

mentales mettent généralement en jeu des processus de mémorisation à court terme du stimulus et que dans ces conditions, il est normal qu'un mot, comme unité mnémonique intégrée, soit plus facile à retenir que plusieurs lettres indépendantes. Cependant, Reicher (1969), utilisant le paradigme expérimental qui porte désormais son nom (voir § 3.2), montra que ni l'une ni l'autre des objections ne résistait à l'épreuve des faits. Reicher trouva en effet un important effet de supériorité des mots alors que la lettre critique du choix forcé post-stimulation ne pouvait être prédite à partir de la connaissance des autres lettres (cf. aussi Johnston, 1978), ce qui exclut une interprétation en termes de redondance des lettres. Il trouva également un effet de supériorité des mots sur les lettres isolées, c'est-à-dire qu'une lettre présentée dans un mot est mieux reconnue qu'une lettre présentée seule lors de la phase de stimulation, ce qui exclut une interprétation en termes de quantité d'information à retenir. On a vu en fait, en 3.2, que les effets de lexicalité et de longueur du stimulus sont étroitement dépendants l'un de l'autre et donc les résultats de Reicher ne représentent sans doute qu'un cas limite du phénomène plus général dégagé par Samuel & al. (1982).

Un autre argument de poids en faveur de l'hypothèse suivant laquelle les mots sont reconnus à partir de leur forme visuelle d'ensemble est que la lecture est fortement perturbée lorsqu'on détruit cette forme visuelle en alternant des caractères majuscules et minuscules dans le stimulus ( sTiMuLuS ). Dans ce cas en effet, les seules formes visuelles dont l'intégrité soit



préservée sont les caractères individuels et cette seule préservation ne suffit semble-t-il pas à assurer une lecture normale (cf. Smith, 1969; Smith & al., 1969; Coltheart & Freeman, 1974). Cependant, il est possible d'imaginer des interprétations de l'effet d'alternance des caractères ne faisant pas appel à une reconnaissance visuelle des mots. Premièrement, il est possible qu'il existe des unités visuelles multi-caractères de taille inférieure au mot et qui interviennent d'une façon ou d'une autre dans le processus de lecture. La forme visuelle de telles unités serait alors tout aussi bien détruite par l'alternance des caractères que la forme visuelle du mot. Secondement, il est tout-à-fait probable que l'alternance des caractères perturbe le processus d'identification des lettres lui-même. En effet, la reconnaissance des caractères, et donc des lettres, met en jeu des processus de discrimination des formes définissant ces caractères visuellement. Or, un stimulus ne contenant que des caractères majuscules ou minuscules est construit à partir d'un code de 26 formes différentes (en anglais). En revanche, un stimulus contenant à la fois des majuscules et des minuscules est construit à partir d'un code de 52 formes différentes. De ce fait, l'incertitude et la probabilité de confusion associées à chacun des caractères du stimulus sont certainement plus fortes dans le cas où des caractères majuscules et minuscules sont mélangés plutôt que lorsqu'il n'y a qu'un seul type de caractère.

Si l'une ou l'autre de ces interprétations est correcte, alors il faut s'attendre à ce que l'alternance des caractères perturbe



non seulement le traitement perceptif des mots, mais également celui de stimulus ne possédant pas de statut lexical.

Un résultat semble-t-il tout-à-fait décisif a été obtenu par McClelland (1976). Cet auteur, utilisant la technique expérimentale de Reicher, a montré que l'effet de supériorité des mots n'est pas lié à une reconnaissance visuelle de leur forme d'ensemble et que l'effet d'alternance des caractères opère de la même façon sur des mots et des pseudo-mots sans affecter l'effet de supériorité des mots (fig. 18). En revanche, la perception des non-mots<sup>(1)</sup>, qui est plus difficile que celle des mots et des pseudo-mots, ne semble pas être affectée par l'alternance des caractères, ce qui suggère que l'effet de ce facteur pour les deux autres types de stimulus est lié à la présence d'unités visuelles multi-caractères intervenant dans le traitement des mots et des pseudo-mots réguliers de la même façon, mais absentes des suites de lettres aléatoires et non prononçables, ou du moins n'intervenant pas dans leur traitement. Toutefois, le parfait parallélisme des résultats obtenus sur les mots et les pseudo-mots suggère que les unités multi-caractères ne sont pas associées de façon critique à l'accès lexical mais plutôt à des processus de codage communs aux mots et aux pseudo-mots dont nous verrons plus loin qu'ils sont sans doute de nature phonétique.

(1) Un non-mot se caractérise par un agencement aléatoire et peu prononçable de lettres alors qu'un pseudo-mot est une suite de lettres non lexicale mais orthographiquement régulière et prononçable compte tenu des règles générales de la langue.

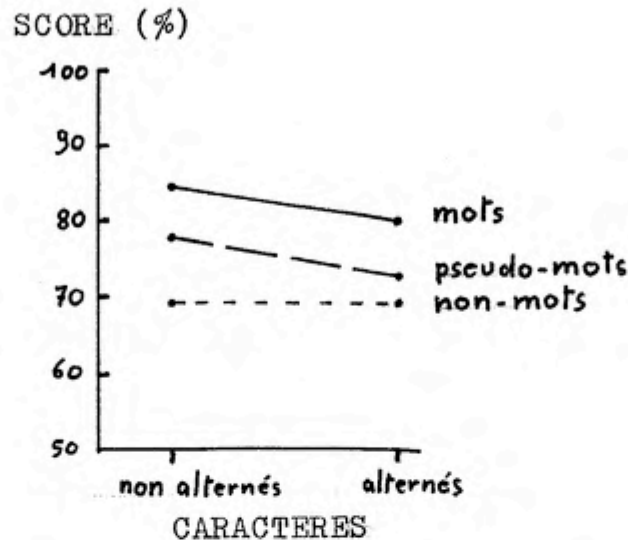


FIGURE I8 : Pourcentage de choix forcés corrects par la technique de Reicher suivant le type de stimulus (Mot, Pseudo-mot ou non-mot) et suivant que les caractères sont homogènes ou alternés dans le stimulus (STIMULUS ou stimulus vs StImULUs ou stImULuS). (D'après McClelland, 1976 )

A noter que McClelland trouve également que le rappel libre des lettres du stimulus est beaucoup plus exact que le rappel du type des caractères utilisés et même lorsque les caractères sont homogènes, le rappel des caractères est inférieur d'environ 30 % à celui des lettres. Ceci démontre une fois encore la nature abstraite du codage des lettres et la pertinence de la distinction entre la lettre et les caractères géométriques qui la représentent visuellement.

Ces résultats, ajoutés à ceux de Johnston et McClelland (1980) que nous avons présentés en 4.3, constituent une démonstration tout-à-fait claire du caractère analytique de la perception des



mots. Toutefois, il apparaît que la lettre n'est sans doute pas la seule unité critique de reconnaissance et qu'il existe des unités visuelles multi-caractères correspondant à des unités multi-lettres intégrées.

### 5.3 Unités grapho-phonologiques et formes transcodées :

Une réponse expérimentale particulièrement claire à la question des unités critiques de reconnaissance multi-lettres a été fournie par L. Pring (1981). L'auteur a étudié le rôle des "Unités Fonctionnelles d'Epellation" (ou "Patterns d'Epellation") dans la perception des mots et pseudo-mots. L'UFE est un petit groupe de lettres correspondant dans la langue à un phonème (ex : CH = /ʃ/ en français) ou à un petit groupe stable de phonèmes (ex : OI = /wa/ ). On sait d'autre part que le transcodage phonétique du stimulus écrit joue un certain rôle dans le traitement des formes linguistiques, et nous discuterons plus en détail ce rôle dans le chapitre suivant. On peut par exemple montrer que lorsque le sujet a pour tâche de classer le plus rapidement possible une suite de lettres qu'on lui présente comme "mot de la langue" ou comme "suite de lettres sans signification", c'est-à-dire d'effectuer une "Décision Lexicale", il est plus long de prendre une décision négative lorsque le stimulus est homophone d'un mot réel (ex : FRASE pour PHRASE) plutôt que lorsqu'il n'y a pas d'équivoque phonétique possible (ex : DRASE), ce qui laisse supposer que les suites de lettres sont transcodées en une représentation phonétique susceptible



dans certains cas au moins d'engendrer des confusions entre un "pseudo-homophone" (FRASE) et le mot réel dont il possède la forme phonétique (cf. Rubenstein & al., 1971 ; Coltheart & al., 1977). Le raisonnement de Pring (1981) peut alors se résumer ainsi : si les UFEs sont des unités de reconnaissance critique associées au transcodage phonétique du stimulus, alors une destruction sélective de la forme visuelle des UFEs dans le stimulus doit éliminer les effets de confusion des pseudo-homophones avec des mots réels. La méthode utilisée consiste à modifier dans le stimulus le type de caractère soit à la frontière des UFEs, qui restent alors visuellement intactes, soit à l'intérieur des UFEs dont la forme visuelle est ainsi détruite. Pring demande alors au sujet une décision lexicale sur des mots mutilés d'une façon ou de l'autre (ex : CHaiSE vs ChaISE ), sur des pseudo-homophones (ex : PHouLE vs PhoULE , pour "FOULE") et de francs pseudo-mots (ex : CHouLE vs ChoULE ), nos exemples en français n'étant naturellement pas ceux de l'auteur. Les résultats (fig. I9) sont, d'une part, que la destruction de la forme visuelle des UFEs dégrade les performances aussi bien pour les mots que pour les pseudo-mots, et abolit, d'autre part, l'effet de confusion des pseudo-homophones qui n'apparaît que lorsque les UFEs sont visuellement intactes. Les conclusions qui s'imposent sont que les UFEs sont des unités critiques de reconnaissance dont dépend le transcodage grapho-phonétique du stimulus, lequel semble jouer un certain rôle aussi bien dans le traitement des mots que celui des pseudo-mots. Ces résultats jettent une lumière toute particulière sur ceux de McClelland (1976) que nous avons présentés au paragraphe précédent.

TEMPS DE REPONSE (ms)

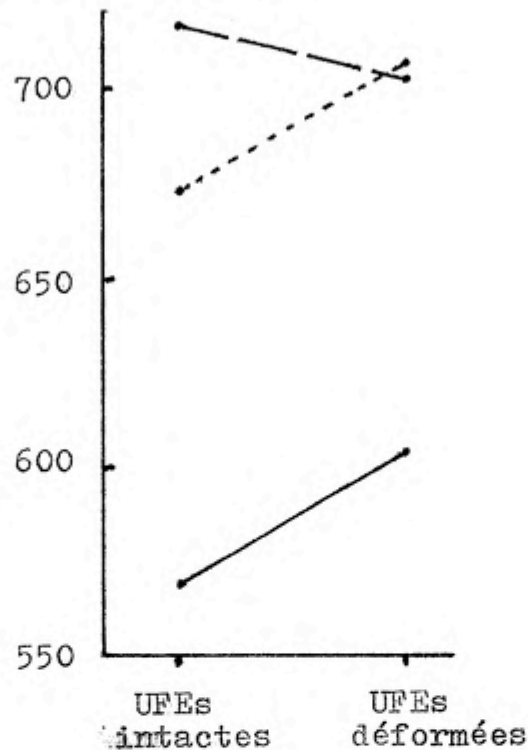


FIGURE I9 : Temps de décision lexicale pour des mots (—), des pseudo-homophones (---) et des pseudo-mots (....) suivant que la forme visuelle des Unités Fonctionnelles d'Epelation est préservée ou non par l'alternance des caractères. (D'après Pring, 1981 )

Il est intéressant de noter à ce propos que la capacité d'un sujet à segmenter un stimulus oral en phonèmes semble être spécifiquement acquise par apprentissage de la lecture dans les langues à écriture alphabétique (cf. Morais & al., 1979), ce qui ne peut que confirmer l'étroite interdépendance psychologique du phonème et des unités orthographiques qui le représentent. Il semble en fait que l'unité naturelle de segmentation des



stimulus linguistiques oraux soit non pas le phonème mais plutôt la syllabe (cf. aussi Mehler & al., 1981).

On a également pu dégager expérimentalement un certain rôle de la syllabe, ou d'une unité très voisine de celle-ci dénommée "Groupe Vocalique" définie par Hansen & Rogers (1965), dans l'analyse des stimulus linguistiques écrits (cf. Spoehr & Smith, 1973, 1975 ; Pynte & Masselot, 1980). Toutefois, il semble que la syllabe ne soit pas une Unité Critique de Reconnaissance, c'est-à-dire qu'elle n'a pas de représentation visuelle dans la perception et est probablement construite à un niveau abstrait à partir d'unités plus petites catégorisées. C'est ainsi par exemple que Taylor & al. (1977) ont montré qu'un changement du type des caractères se produisant dans le stimulus à une frontière syllabique, ce qui laisse intacte la forme visuelle des syllabes, n'est pas moins perturbateur pour la lecture qu'un tel changement se produisant à l'intérieur des syllabes, ce qui détruit leur forme visuelle normale (ex: STImulus = STIMulus ). La syllabe serait donc une Unité de Codage pertinente , mais non une Unité Critique de Reconnaissance pour la lecture. La fonction exacte de la syllabe dans la lecture n'est pas actuellement connue, mais l'hypothèse qui semble pour l'instant la plus raisonnable, jusqu'à preuve du contraire, est que l'analyse syllabique est sans doute associée au transcodage phonétique de la séquence de lettres et d'unités fonctionnelles d'épellation.



#### 5.4 Digrammes et N-grammes :

Nous avons vu en 3.I qu'il existe un effet de chaîne élémentaire tel que la saisie rapide d'une lettre est facilitée lorsque cette lettre est incluse dans un digramme (deux lettres adjacentes), conclusion qui a été établie par Budohoska & al. (1975). Cet effet peut sans doute s'expliquer, au moins en partie, par la présence probable d'unités fonctionnelles d'épellation dans l'ensemble des digrammes expérimentaux utilisés par les auteurs. Toutefois, certaines des conclusions que nous établirons à l'issue de nos propres recherches nous incitent à considérer le digramme sous un angle un peu plus général, en tant qu'unité de codage possible indépendante de considérations phonologiques. En fait, notre idée peut être considérée comme le pendant pour la lecture des positions défendues par certains auteurs dans le domaine auditif concernant l'éventualité d'un codage du signal par couples de phonèmes (cf. Marcus, 1979, 1981a, 1981b).

Il existe dans la littérature expérimentale un certain nombre d'études concernant le rôle des digrammes dans la lecture, encore que ces études portent généralement sur l'effet des propriétés statistiques de ces éléments étroitement associés à la notion de probabilité de transition des lettres. Toutefois certains des résultats obtenus semblent constituer des "clefs" pour la compréhension des mécanismes de sélection et de reconnaissance des items lexicaux. Aussi nous a-t-il paru opportun de leur accorder une attention particulière et de rappeler ici certains d'entre eux auxquels nous associerons plus loin quelques compléments et développements théoriques.

Le problème a été le plus souvent posé en termes de perceptibilité du stimulus en fonction de sa fréquence propre d'occurrence dans la langue et de la fréquence d'occurrence de ses composants tels les digrammes. On sait en effet que les seuils perceptifs pour la lecture des mots sont d'autant plus bas que les mots ont une fréquence d'usage (FU) élevée dans la langue, résultat qui fut établi par Howes et Solomon (1951) et couramment confirmé depuis. Diverses théories ont été avancées pour expliquer ce phénomène, mais on peut dire sans grand risque d'erreur que tout semble se passer comme si le lecteur utilisait, d'une façon ou d'une autre, sa connaissance des propriétés statistiques de la langue pour favoriser la reconnaissance des stimulus a priori les plus probables. Ce comportement est assez logique dans la mesure où il minimise la probabilité des erreurs lorsque la reconnaissance doit être effectuée dans l'incertitude sur la base d'une information perceptive incomplète, ce qui est le cas dans les situations de saisie rapide ou lorsque le signal est fortement bruité (écriture manuscrite par exemple). Toutefois cette règle semble souffrir quelques exceptions, et ce qui est vrai pour le mot ne l'est pas forcément pour ses composants en toutes circonstances. C'est ainsi que Owsowitz (1963), puis Broadbent et Gregory (1968) ont trouvé que lorsqu'on demande au sujet de restituer un mot qui lui a été présenté un bref instant, le pourcentage de restitutions correctes est plus fort pour des mots peu fréquents dans la langue qui contiennent des digrammes également peu fréquents que pour des mots peu fréquents qui contiennent des digrammes fréquents. Par ailleurs, la fré-



quence des digrammes composants du stimulus ne semble pas avoir d'incidence sur la restitution des mots d'usage fréquent dans la langue (fig. 20).

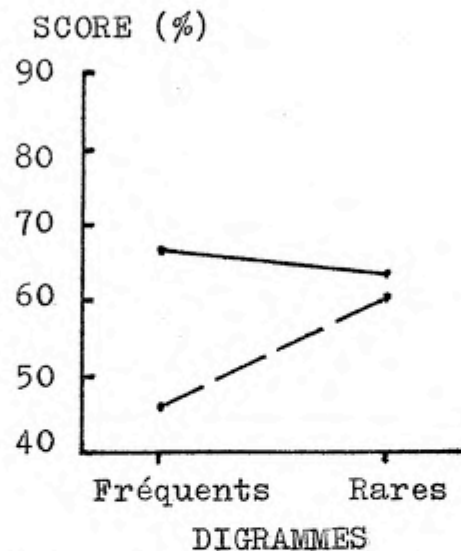


FIGURE 20 : Pourcentage de restitutions correctes de mots d'usage fréquent (trait continu) ou rare (trait discontinu) en fonction de la fréquence dans la langue des digrammes qui les composent. Les mots sont longs de 5 lettres et exposés 40 ms.

(Données extraites de Broadbent et Gregory, 1968 )

Cependant, Rumelhart et Siple (1974) ont obtenu des résultats qui semblent à première vue contradictoires avec les précédents. Ces auteurs ont étudié les variations du pourcentage de restitutions correctes de trigrammes exposés deux millisecondes, les stimulus pouvant être des mots réels ou <sup>des</sup> suites de lettres sans signification, en fonction de la fréquence d'occurrence dans la langue des trigrammes eux-mêmes, des digrammes les composant,



et en fonction de la probabilité de confusion des lettres individuelles qu'ils contiennent (expérimentalement évaluée). On peut constater sur la figure 2Ic que la rareté des digrammes composants entraine toujours une baisse des performances, quelle que soit par ailleurs la fréquence du stimulus complet dans la langue.

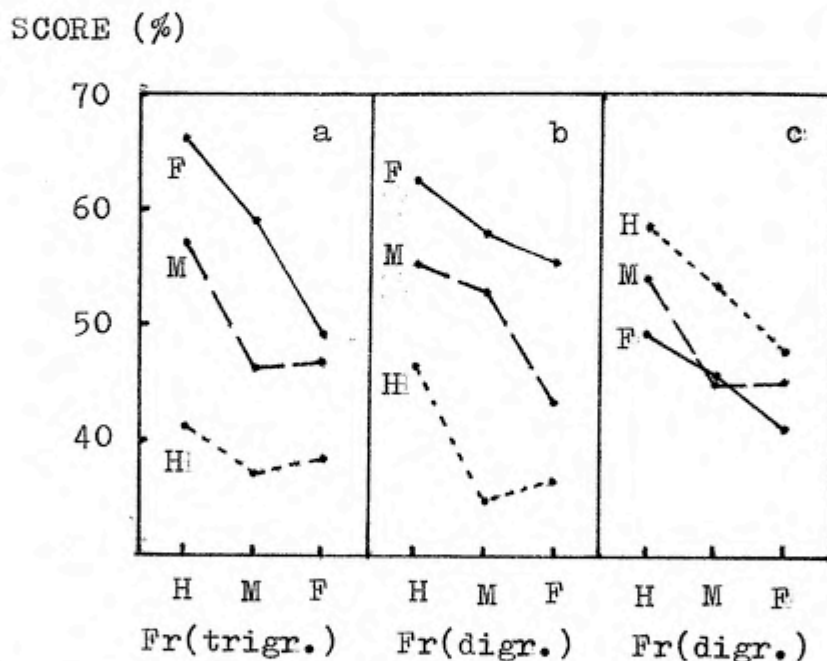


FIGURE 2I : Pourcentage de restitutions correctes de trigrammes exposés 2 ms en fonction de :

- La fréquence du stimulus (abscisse) et la probabilité de confusion des lettres individuelles (en paramètre),
- La fréquence des digrammes composants (abscisse) et la probabilité de confusion des lettres individuelles (paramètre),
- La fréquence des digrammes composants (abscisse) et la fréquence du trigramme stimulus (paramètre).

H = Haute , M = Moyenne , F = Faible .

(Données extraites de Rumelhart & Siple, 1974 )

Selon Rhumelhart et Siple, cette différence avec les résultats de Broadbent et Gregory est liée au fait que ces derniers n'ont utilisé comme stimulus que des mots réels, ce qui permettrait au sujet d'utiliser une stratégie de reconnaissance purement lexicale contrairement au cas où il doit aussi saisir des stimuli non lexicaux. Il faut en effet considérer le fait qu'un digramme peut être fréquent pour deux raisons distinctes. Le premier cas de figure est que le digramme appartient à un petit nombre de mots qui ont une forte fréquence d'usage dans la langue. Le second cas de figure est que le digramme appartient à un grand nombre de mots qui ont des fréquences d'usage modérées, de sorte que le digramme est effectivement fréquent mais en fait peu discriminant puisque compatible avec un grand nombre de mots de la langue. Il s'ensuit que si le sujet sait que tous les stimuli sont des mots de la langue, il va fonder sa décision de reconnaissance uniquement sur des éventualités lexicales et, à fréquences des digrammes égales, on aura toutes les chances de rencontrer le premier cas de figure pour les mots fréquents et le second cas de figure pour les mots rares, d'où l'effet observé par Broadbent et Gregory (1968). En revanche dans le cas où le stimulus peut être aussi bien un mot qu'une suite de lettres non lexicale, le sujet ne peut pas inférer la composition de ce stimulus à partir d'une information perceptive fragmentaire par utilisation des contraintes lexicales puisque toutes les suites de lettres, lexicales ou non, sont a priori possibles. Dans ce cas, la valeur discriminante des composants au niveau lexical n'est d'aucune utilité et l'on retrouve le phénomène général de facilitation par la fréquence d'usage des

composants du stimulus et du stimulus lui-même, d'où les résultats obtenus par Rumelhart et Siple (1974).

Il est alors intéressant de considérer un résultat obtenu par Rice et Robinson (1975) dans une expérience où les stimulus peuvent être des mots réels ou des pseudo-mots, cependant que la tâche n'est pas de restituer le stimulus mais en fait d'effectuer une "décision lexicale" (cf. Rubenstein & al., 1970), c'est-à-dire précisément de distinguer entre ce qui est mot et ce qui ne l'est pas. Dans ces conditions, Rice et Robinson observent sur les temps de réponse un effet analogue à celui qu'ont trouvé Broadbent et Gregory sur les scores de restitution (fig.22).

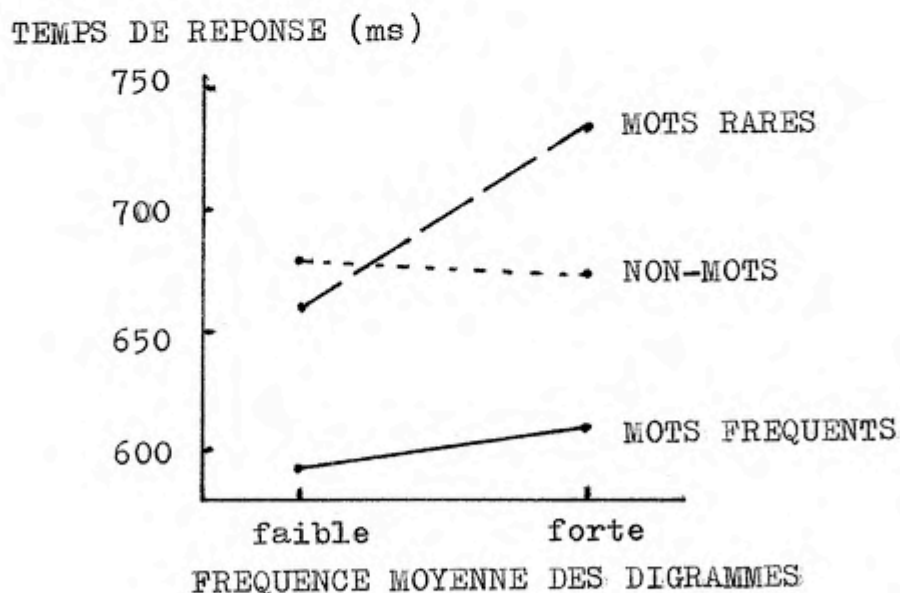


FIGURE 22 : Temps de décision lexicale pour des mots fréquents et rares dans la langue et pour des non-mots suivant la fréquence dans la langue des digrammes composant les stimulus.

(D'après Rice et Robinson, 1975 )



Ce résultat est cohérent avec les précédents si l'on suppose que pour effectuer une décision lexicale, le sujet tente systématiquement d'identifier un mot de la langue, adoptant donc une stratégie de reconnaissance lexicale, et ne produit éventuellement une réponse négative que dans le cas où la recherche lexicale ne fournit pas de résultat. Toutefois, il est assez étrange dans ce cas que la décision positive pour les mots rares contenant des digrammes fréquents soit plus longue que les décisions négatives pour les non-mots ainsi que cela apparaît sur la figure 22. En fait, un examen attentif des stimulus utilisés par Rice et Robinson (p.517) montre que les non-mots, quelle que soit la fréquence de leurs digrammes, sont très irréguliers et la plupart sont pratiquement imprononçables en anglais, de sorte qu'à notre avis, l'anormale rapidité des décisions négatives dans cette expérience est liée au fait que les non-mots utilisés ne doivent en fait engendrer que très peu d'activité "bruit" dans le lexique mental, évitant l'émission par le système d'hypothèses lexicales erronées.

D'autre part Rice et Robinson interprètent l'interaction observée entre la fréquence d'usage des mots et la fréquence des digrammes composants en supposant, de façon un peu "ad hoc", que les mots fréquents tendent à contenir des unités orthographiques, visuellement caractérisées dans le système perceptif, qui seraient plus larges que le digramme (syllabes ou patterns d'épellation longs) et dont l'identification masquerait l'effet des unités plus petites. En somme il existerait sélectivement

dans les mots les plus fréquents des unités critiques de reconnaissance N-grammes ( $N > 2$ ) permettant de court-circuiter l'analyse en unités plus petites, et reconnaissables par des patterns géométriques d'ensemble caractéristiques. Cependant, nous avons vu en 5.3 que cette hypothèse n'est pas très défendable en ce qui concerne la syllabe (cf. Taylor & al., 1977). D'autre part, si cette hypothèse était correcte pour des N-grammes non spécifiquement syllabiques, il faudrait s'attendre à ce que la définition géométrique des lettres individuelles composant des N-grammes très fréquents ait moins d'incidence sur leur perceptibilité qu'elle n'en aurait pour des suites de lettres plus rares où chaque lettre doit être identifiée séparément. Or, nous pouvons constater d'après les résultats de Rumelhart et Siple (1974) représentés sur la figure 2Ia que c'est exactement le contraire qui est vrai. On remarque en effet que la perceptibilité des lettres individuelles composant le stimulus a un effet d'autant plus important que le trigramme est plus fréquent dans la langue. En revanche il semble se dégager une interaction dans le sens attendu en ce qui concerne les digrammes (fig. 2Ib ), encore que cette interaction ne soit pas très forte et que les auteurs ne donnent malheureusement pas de test de sa signification statistique. Cependant, un tel résultat ne serait pas fait pour nous étonner étant donné ce que nous avons vu en 5.3 concernant les Unités Fonctionnelles d'Epellation qui sont le plus souvent des digrammes à haute fréquence d'occurrence dans la langue.



Pour leur part, Pynte et Masselot (1980) ont étudié directement l'effet de la valeur discriminante des digrammes composant le stimulus suivant que ces digrammes sont en position initiale ou finale. La fréquence des digrammes n'est plus ici définie par leur fréquence d'usage, qui confond plusieurs sources ainsi que nous l'avons vu, mais par la proportion des mots d'une certaine longueur qui les contiennent à une position déterminée, ce qui constitue une évaluation rigoureuse de la valeur discriminante des digrammes à chaque position dans les mots. Les stimulus sont des mots ou des pseudo-mots réguliers de six lettres exposés 200 ms pour décision lexicale, les mots étant de fréquence d'usage moyenne. Les auteurs trouvent que le temps de décision est plus court lorsque le digramme initial du stimulus est fortement discriminant (i.e rare), et ceci aussi bien pour les mots que pour les pseudo-mots. D'autre part l'exactitude des décisions est supérieure lorsque le digramme final est fortement discriminant. En fait, on peut voir sur la figure 23 que les résultats sont sensiblement plus complexes que ne le laissent supposer ces conclusions d'ensemble. Il semble en effet que si la fréquence du digramme final n'a guère d'incidence sur les temps de classification des mots, ceci est moins certain en ce qui concerne les pseudo-mots. Plus important est semble-t-il le fait que l'exactitude des réponses "mot" dépend en fait d'une interaction entre la fréquence du digramme initial et celle du digramme final, interaction telle que la valeur discriminante du digramme initial a un effet positif, mais seulement si le digramme final est lui-même rare.



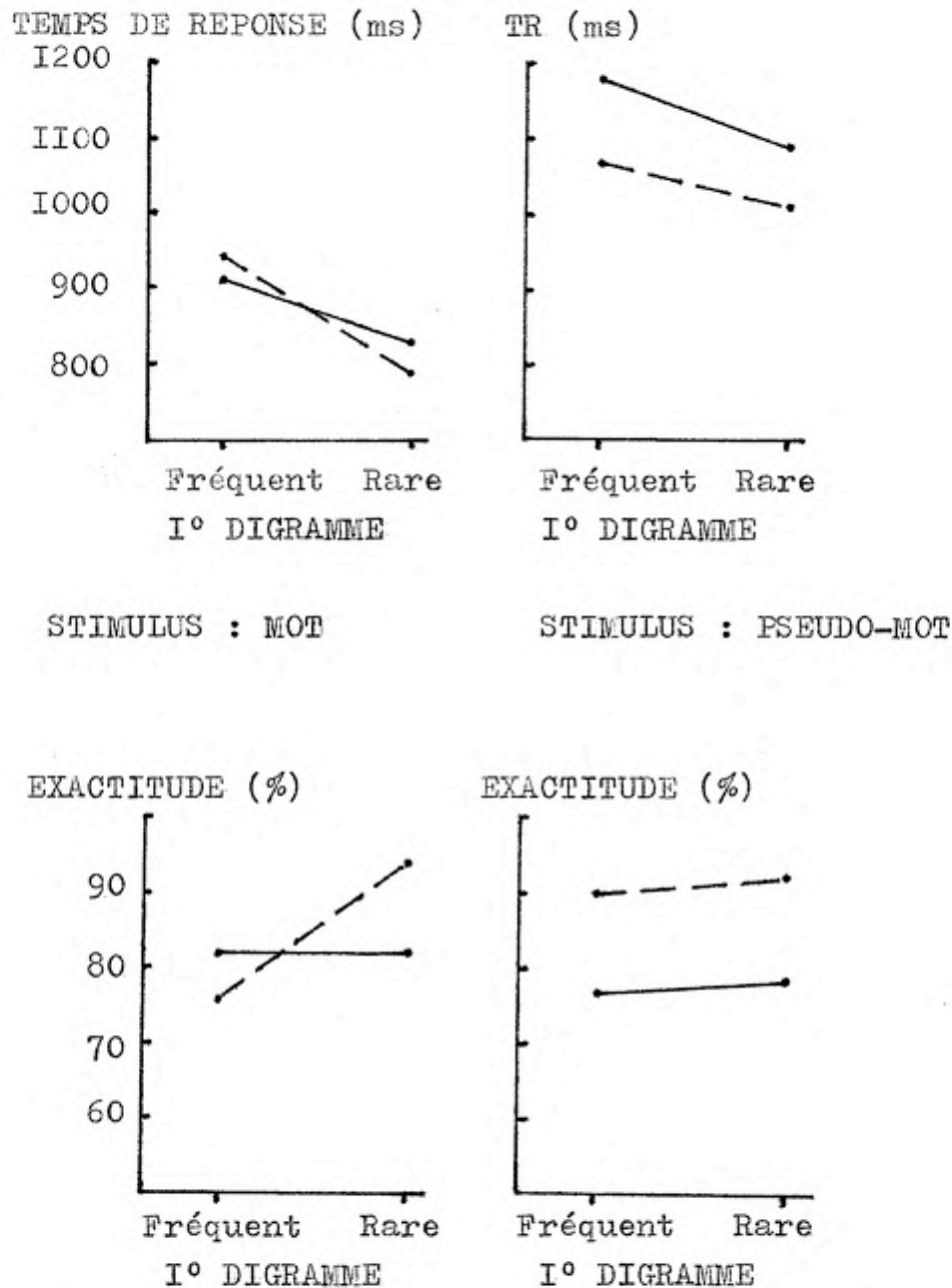


FIGURE 23 : Temps de décision lexicale et exactitude des réponses pour des mots et pseudo-mots réguliers exposés 200 ms, en fonction de la valeur discriminante du digramme initial (abscisse) et de celle du digramme final (en paramètre). En trait continu le digramme final est fréquent (i.e peu discriminant), et en trait discontinu le digramme final est rare (i.e discriminant). (Données extraites de Pynte et Masselot, 1980 )

Dans l'ensemble donc, ces résultats mettent en lumière le rôle particulier de la valeur discriminante des digrammes dans la perception des mots. Ceci suggère que lorsque le système perceptif identifie une unité de codage élément de l'ensemble de définition de plusieurs unités lexicales, chacune de ces unités se trouve activée à un certain degré et entre en "compétition" avec les autres en tant que "mot candidat" à la reconnaissance. Marslen-Wilson et Welsh (1978) ont dénommé "cohorte" l'ensemble des mots candidats à la reconnaissance à un instant donné, ceci dans le cadre d'un modèle de reconnaissance auditive des mots. La reconnaissance ne semble avoir lieu que lorsque l'un des mots de la cohorte parvient à dominer les autres, par un processus dont nous ignorons la nature exacte, mais qui est visiblement d'autant plus rapide que la cohorte est plus restreinte ou que les candidats "intrus" sont moins activés par l'information perceptive.

Les résultats de Pynte et Masselot montrent également qu'il existe une certaine différence, et probablement une certaine interdépendance, entre le rôle des éléments initiaux et celui des éléments finaux du stimulus, du moins lorsque ce dernier est un mot réel. Il est en outre intéressant de remarquer que ceci n'est pas vrai pour les pseudo-mots, et nous insistons sur cet aspect particulier des données dont nous trouverons nous-même plusieurs confirmations par d'autres méthodes.

### 5.5 Le morphème :

Le mot n'est pas forcément la plus petite unité linguistique porteuse de sens, c'est-à-dire un signifiant élémentaire. Il ne l'est en fait que lorsqu'il est constitué d'un seul "morphème", ce qui est toutefois le cas de nombreux mots de la langue. Le morphème est par définition la plus petite suite de lettres porteuse d'une signification propre et peut se rencontrer à l'état d'unité libre (mot) ou concaténée avec d'autres morphèmes dont chacun contribue pour une part à la signification du mot polymorphémique résultant. Par exemple le mot MULTINATIONAL est composé de trois morphèmes concaténés : MULTI (= plusieurs) + NATION ( $\simeq$  pays) + AL (= qui se rapporte à). Cette définition un peu (trop) rapide du morphème sera cependant suffisante pour notre propos.

La structure morphémique d'un mot intervient dans la détermination de certaines correspondances entre unités orthographiques et unités phonétiques. C'est ainsi par exemple qu'un S compris entre deux voyelles, en français, se prononce normalement /z/, mais il se prononce /s/ s'il est la première lettre d'un morphème composant du mot. Par exemple S = /z/ dans PRESENCE, mais S = /s/ dans PRESEANCE (= PRE+SEANCE). Il existe en fait toute une variété de constatations qui inciteraient à considérer le morphème comme une unité linguistique pertinente, notre problème étant ici de savoir s'il est aussi une unité de codage psychologiquement pertinente intervenant dans la perception des mots. Une éventuelle réponse à cette question serait évidemment de



nature à orienter notre conception du système des entrées du lexique mental puisque le morphème est proprement une unité signifiante et, donc, de niveau lexical.

Nous n'avons malheureusement pas, pour notre part, connaissance de résultats véritablement décisifs concernant ce problème, mais nous avons cependant pu trouver dans la littérature quelques observations assez suggestives.

Par exemple Mehler et al. (1967) ont étudié l'effet de la "structure syntagmatique de surface" des mots et des énoncés sur la distribution des fixations oculaires au cours de la lecture. Les auteurs trouvent en particulier que le rapport du nombre des fixations sur la première moitié et sur la deuxième moitié des mots est de 3/1 pour des mots dimorphémiques tels que FARMERS (FARM + ERS) ou HUNTERS (HUNT + ERS) alors qu'il n'est que de 1,3/1 pour des mots monomorphémiques de même longueur tels que AUTHORS ou SISTERS inclus dans des contextes structurellement identiques. Autrement dit, la structure morphémique du stimulus semble avoir une certaine incidence sur le processus de saisie, ce qui laisse supposer que le morphème joue un certain rôle dans la perception des mots.

Murrell et Morton (1974) ont pour leur part étudié l'effet des relations morphémiques entre les mots sur la facilitation perceptive (transfert) à moyen terme (15 à 45 minutes) induite par la lecture d'un mot préalablement à la lecture d'un autre. Les auteurs ont trouvé des effets de transfert entre des mots possédant un morphème en commun (ex : SEEN (vu) et SEES (voit)) alors qu'il n'y a pas de transfert décelable pour des couples contrôles comme SEED (graine) et SEES. D'autre part Morton (1980)

pense qu'on ne peut pas invoquer dans le cas présent un pur effet de "priming" sémantique et rapporte les résultats d'une expérience semblable à la précédente, mais réalisée en auditif, montrant des effets de transfert entre BRINGING (apportant) et BRINGS (apporte) mais non entre BROUGHT (apporta) et BRINGS. Il semble donc possible que le lexique mental comprenne un système d'entrées proprement morphémiques, mais il faut en outre supposer que les mots composites sont également codés, d'une façon ou d'une autre, car bien que NATION et PAYS soient deux morphèmes "synonymes", il est bien clair que nous ne reconnaissons pas MULTIPAYSAL pour être un mot de la langue française.

## 6. CODES D'ACCES AU LEXIQUE : ORTHOGRAPHE ET PHONOLOGIE

### 6.I Codage phonétique pré et post-lexical :

On sait, depuis les travaux de Conrad (1964) en particulier, que la mémorisation temporaire des stimulus s'effectue par l'intermédiaire de codes verbaux (i.e de nature phonétique) stockés en "mémoire verbale immédiate". La généralité de l'usage de codes verbaux dans la perception des stimulus visuels a été étudiée sur divers types de matériels, linguistiques ou non, par la mise en évidence d'effets "syllabiques" tels que les performances perceptives semblent dépendre directement du nombre de syllabes nécessaires à la dénomination du stimulus. On peut montrer de tels effets lorsque le stimulus est un mot écrit (cf. Spoehr et Smith, 1973), mais aussi un nombre (cf. Pynte, 1974) ou encore une image dénommable (cf. Noizet et Pynte, 1976), bien qu'il n'existe dans les deux derniers cas aucune correspondance directe possible entre les éléments graphiques composant le stimulus et les codes phonétiques composant sa dénomination verbale. Ceci suggère que le système verbal est un système général de réponses catégorielles intervenant dans la reconnaissance du stimulus (voir aussi Noizet, 1970, 1980). En ce qui concerne la perception des mots écrits, le problème se pose de savoir si la forme phonétique du stimulus est engendrée préalablement ou postérieurement à l'identification lexicale et de déterminer son rôle exact dans la perception des formes linguistiques. En effet, deux grands types de processus



mettant en jeu des codes phonétiques dans la lecture peuvent être envisagés. Il est premièrement possible que le mot soit identifié lexicalement sur la base de sa seule forme orthographique, puis que la forme phonétique soit engendrée à partir de l'information lexicale et stockée en mémoire verbale immédiate pour rester à disposition des processus d'intégration d'unités linguistiques longues telles que les propositions ou les phrases dont font normalement partie les mots. De plus, ainsi que le font remarquer Banks et Shugarman (1981), l'usage d'une forme phonétique permet de coder en mémoire, par le biais de la prosodie et de la liaison phonétique, des informations relatives à la syntaxe de l'énoncé qui n'apparaissent pas de façon immédiate dans la forme écrite.

Une seconde possibilité est que la chaîne de caractères stimulus soit recodée en une forme phonétique préalablement à l'identification lexicale, ceci par application des règles de correspondances grapho-phonétiques existant dans les langues à écriture alphabétique (pour une revue critique, voir Coltheart, 1978). Dans ce cas, la forme phonétique résultante pourrait être utilisée pour accéder à un système d'entrées lexicales phonétiques. Il existe de nombreuses évidences expérimentales soutenant cette seconde hypothèse. Nous en avons déjà vu un exemple avec les résultats de Pring (1981) montrant que des pseudo-mots homophones de vrais mots peuvent être confondus avec ces derniers. De façon plus démonstrative, on peut aussi montrer que des mots réels homophones les uns des autres (mais possédant des formes orthographiques distinctes comme PAIRE et PERE par exemple) peuvent être confondus entre eux au cours de la lecture (cf.

Baron, 1973 ; Pynte, 1978 ; Courrieu, 1980). D'autre part, Meyer et al. (1974) ont montré qu'il existe un fort effet d'interférence lorsqu'on présente simultanément pour décision lexicale deux mots possédant des graphies communes qui admettent des prononciations différentes dans les deux mots ( par exemple FILLE et VILLE en français) alors qu'il y a, au contraire, un effet facilitateur de la présence de graphies communes aux deux mots lorsque leur prononciation est la même (ex: FILLE et BILLE ou MILLE et VILLE). Ces résultats ne semblent donc pas compatibles avec l'idée d'un accès lexical basé uniquement sur la forme orthographique des mots. Mais il ne faudrait cependant pas en conclure que la forme phonétique est la seule à autoriser l'accès lexical, ainsi que nous le verrons plus loin. Une position semble-t-il assez réaliste a été défendue par Glushko (1979). L'auteur a montré dans trois expériences de lecture à haute voix, que le temps de latence de la réponse vocale est plus long pour des mots contenant des correspondances grapho-phonétiques irrégulières (ex: ECHO en français) que pour des mots contenant des correspondances régulières (ex : ECHEC). Mais il a également montré que des pseudo-mots ressemblant à des mots irréguliers (ex: ACHO ) sont plus longs à prononcer que des pseudo-mots ressemblant à des mots réguliers (ex: ACHEC), ce qui laisse supposer que le transcodage grapho-phonétique n'est pas uniquement basé sur des règles abstraites de correspondance, mais utilise en outre des informations issues du lexique. Finalement, l'auteur trouve que des mots réguliers ressemblant à des mots irréguliers (ex: ECHOIR )



sont plus longs à prononcer que des mots réguliers ne ressemblant pas à des mots irréguliers (nos exemples en français ne sont naturellement pas ceux de l'auteur). Glushko en arrive donc à supposer que le transcodage grapho-phonétique utilise en fait diverses sources d'information qui ne sont pas réductibles aux seules règles générales de correspondance et peuvent être issues ~~notamment~~ d'unités lexicales activées à un certain degré par la forme orthographique du stimulus. Lorsque plusieurs unités lexicales activées "prédissent" des correspondances grapho-phonétiques incompatibles entre elles (ex: FILLE et VILLE), il y a ce que Glushko appelle une "inconsistance" qui serait responsable de la dégradation des performances.

Il semble donc se dégager une conception des processus de codage du signal où divers sous-systèmes, dont le lexique, interagissent entre eux de façon quasi-continue au cours de l'analyse, les voies de codage et d'accès au lexique étant vraisemblablement multiples et mettant en jeu aussi bien des formes orthographiques que des formes phonétiques. Nous retrouvons également cette idée, déjà évoquée en 5.4, suivant laquelle diverses unités lexicales peuvent se trouver "activées" à un certain degré et participer activement au processus de reconnaissance alors même que ce processus est en cours. On remarquera en outre que, dans le cadre d'une telle conception, l'opposition entre codage phonétique pré et post-lexical perd toute pertinence puisqu'on a en fait essentiellement affaire à des processus circulaires et interactifs où les notions d'antériorité et de postériorité deviennent toutes relatives.



## 6.2 Les deux codes d'accès au lexique :

Baron (1973) a établi que lorsqu'on demande au sujet un jugement de congruence rapide sur des énoncés incongrus tels que MY KNEW CAR (= MA CONNAISSAIS VOITURE) mais qui sont homophones d'énoncés congrus comme, dans cet exemple, MY NEW CAR (= MA NOUVELLE VOITURE), le sujet tend à confondre l'énoncé incongru avec son homophone congru, ce qui indique l'usage d'un code phonétique dans l'identification des mots. Cependant, lorsqu'on demande au sujet de fonder son jugement non sur la forme orthographique du stimulus mais seulement sur sa forme phonétiquement transcodée (MY KNEW CAR et MY NEW CAR appellent alors tous deux une réponse positive), les réponses sont plus rapides et plus exactes lorsque l'énoncé est orthographiquement correct (MY NEW CAR) plutôt que lorsqu'il ne l'est pas (MY KNEW CAR). Ceci indique que l'identification des mots utilise également des codes orthographiques.

Toutefois, Rubenstein et al. (1971) ont obtenu certains résultats suggérant que l'accès au lexique s'effectue en fait à partir de la forme phonétiquement transcodée du stimulus et que l'orthographe n'est utilisée que comme code de vérification postérieurement à l'accès phonétique. Cette hypothèse n'est de fait pas incompatible avec les résultats de Baron (1973) si l'on suppose que la vérification de l'orthographe a un caractère assez automatique que le sujet ne peut pas réprimer. Mais Coltheart et al. (1977) ont montré que les résultats de Rubenstein et al. (1971) n'étaient pas fiables, en raison de certaines insuffisances méthodologiques, et n'ont pour leur part pas pu les reproduire.

Cependant, la question était posée : peut-on accéder directement au lexique à partir de la forme orthographique du stimulus ?

Une façon de conclure positivement consiste à démontrer que le sujet peut identifier les mots dans des conditions où le codage phonétique est supprimé, par un moyen ou par un autre.

Un premier type d'argument nous est fourni par la pathologie du langage. C'est ainsi que certains patients ayant accidentellement subi des lésions cérébrales particulières se trouvent atteints "d'alexie phonologique". Ces patients se trouvent dans l'incapacité d'assigner une prononciation à des pseudo-mots qu'on leur fait lire, ce qui laisse supposer qu'ils ont perdu l'usage du transcodage grapho-phonétique. Cependant, ils sont tout-à-fait capables d'identifier et de prononcer des mots familiers qu'ils connaissent, de sorte que le transcodage grapho-phonétique ne semble pas être une condition préalable nécessaire à l'identification des mots (cf. Marshall, 1976 ; Patterson et Marcel, 1977 ; Saffran et Marin, 1977).

La psychologie expérimentale fournit également un certain nombre d'observations démontrant l'existence d'un accès lexical orthographique. Par exemple, Davelaar et al. (1978) ont montré dans une tâche de décision lexicale, que lorsqu'un mot possède un homophone dont la fréquence d'usage est supérieure à la sienne, l'identification de ce mot est plus longue que celle d'un item contrôle de même fréquence d'usage. Un tel effet ne se trouve pas lorsque le stimulus est le mot le plus fréquent d'une paire d'homophones, c'est-à-dire que l'homophone fréquent retarde l'identification du moins fréquent mais non l'inverse. Ceci s'interprète tout-à-fait bien dans le cadre de la théorie



défendue par Rubenstein et al. (1971) où il est supposé que les éventualités lexicales homophones sont "vérifiées" par ordre décroissant de fréquence d'usage. Dans ce cas effectivement, le mot le plus fréquent est toujours testé avant ses homophones moins fréquents, ce qui explique le retard d'identification particulier de ces derniers. Cependant, Davelaar et al. (1978) montrent que les effets d'homophonie ne se produisent que lorsque les pseudo-mots qui servent de distracteurs dans l'expérience ne sont pas eux-mêmes homophones de mots réels. Dans le cas contraire, les effets d'homophonie sur les mots stimulus disparaissent, ce que les auteurs interprètent en supposant que le sujet possède un certain contrôle sur ses stratégies de codage et d'accès au lexique de sorte que lorsque l'usage de codes phonétiques entraîne un taux de confusions trop important entre les distracteurs et les mots, le sujet adopte une stratégie purement orthographique. Cette interprétation est probablement inexacte, ainsi que nous le verrons au paragraphe suivant, en ce qui concerne l'idée d'un contrôle stratégique des codes d'accès au lexique. Toutefois, démonstration est faite que les mots peuvent être identifiés par le sujet alors que, pour une raison ou pour une autre, les codes phonétiques sont inopérants. On peut donc admettre qu'aucun des deux codes, orthographique ou phonétique, ne possède le monopole de l'accès aux entrées du lexique mental au cours de la lecture. La perception semble encore une fois avoir recours à des moyens multiples et éventuellement redondants pour assurer le codage de l'information et l'identification du stimulus.



### 6.3 Contrôle stratégique du codage ou biais temporel ?

Un des aspects particuliers des résultats de Davelaar & al. (1978) est que dans les situations où le codage phonétique semble être supprimé, on peut également constater une certaine réduction générale des temps de réponse (exp. 3 et 4). Cette réduction en elle même peut s'expliquer assez simplement par le fait que les auteurs ont organisé leurs expériences de telle sorte que les situations en question sont toujours rencontrées par le sujet après les autres situations, c'est-à-dire à un moment où il bénéficie d'un certain degré d'entraînement à la tâche. Mais il est de ce fait impossible de dire si la suppression apparente du codage phonétique est liée à la nature des pseudo-mots distracteurs, ainsi que le pensent les auteurs, ou si elle est liée à la réduction du temps de réponse pour une toute autre raison. De fait, on peut souvent constater dans la littérature expérimentale que la suppression des effets liés au codage phonétique est concomitante d'une réduction importante des temps de réponse (cf. Shulman & al., 1978). On peut naturellement se demander lequel de ces deux phénomènes est la cause et lequel est l'effet, mais la relation semble tout-à-fait systématique. Il se trouve d'autre part qu'on a un certain nombre de raisons de penser qu'en fait le codage orthographique et le recodage phonétique du stimulus interviennent toujours simultanément dans la lecture, mais que chez des lecteurs adultes et habiles, le codage orthographique est normalement plus rapide que le recodage phonétique de sorte que chez ces lecteurs,

l'activation des entrées du lexique est en premier lieu réalisée par la forme orthographique du stimulus (cf. Baron & McKillop, 1975 ; Coltheart, 1978 ). Un argument fréquemment avancé à l'encontre de cette thèse est que les "bons" lecteurs sont généralement plus sensibles que les "mauvais" lecteurs à l'irrégularité des correspondances grapho-phonétiques du stimulus (cf. Frederiksen, 1976 ; Barron, 1980). Mais en fait, compte tenu des observations de Glushko (1979) que nous avons mentionnées en 6.1, l'argument est caduc car l'irrégularité n'est souvent autre qu'un cas particulièrement marqué d'inconsistance, de sorte que la sensibilité particulière des bons lecteurs aux irrégularités grapho-phonétiques ne fait que confirmer le fait que les entrées de leur lexique mental sont "activées" par la forme orthographique préalablement au transcodage phonétique du stimulus. Toutefois, il ne fait pas de doute que même chez les bons lecteurs, la forme phonétique du stimulus intervient de façon déterminante, fût-ce "tardivement", dans la reconnaissance du mot sans quoi l'inconsistance elle-même ne devrait logiquement pas affecter les performances du sujet.

Des résultats semble-t-il tout-à-fait décisifs, en ce qui concerne le rôle des deux formes de codes d'accès au lexique et de la chronologie, ont été obtenus par Dennis et Newstead (1981). Ces auteurs ont utilisé la technique expérimentale de Stroop (1935) dont le principe consiste à présenter au sujet une suite de lettres imprimée avec une encre d'une certaine couleur, la tâche étant de dire la couleur de l'encre le plus rapidement possible sans tenir compte de la suite de lettres elle-même. On constate alors cependant que lorsque la suite de lettres



est un nom de couleur correspondant à celle de l'encre, la réponse du sujet est plus rapide que pour une suite de lettres quelconque. En revanche, si la suite de lettres est le nom d'une couleur différente de celle de l'encre, on observe alors un retard systématique de la réponse du sujet. Ceci est certainement dû au fait que le sujet identifie toujours, de façon incidente, la suite de lettres, laquelle fournit suivant les cas une information congrue, neutre ou incongrue par rapport à l'information pertinente (couleur de l'encre). Dennis et Newstead ont utilisé trois types de suites de lettres qui pouvaient être soit des noms de couleurs (ex: ROUGE), soit des pseudo-mots homophones de noms de couleurs (ex: ROUJE), soit enfin des pseudo-mots orthographiquement ressemblants à des noms de couleurs mais non homophones (ex: ROUDE). D'autre part la suite de lettres pouvait correspondre à la couleur de l'encre (stimulus congrus) ou ne pas lui correspondre (stimulus incongrus). On peut constater sur la figure 24 que les temps de réponse sont toujours plus courts pour les stimulus congrus, quel que soit le type de la suite de lettres (y compris le type ROUDE). D'autre part, les homophones incongrus sont plus interférants que les non homophones incongrus, mais les homophones congrus ne sont pas plus facilitateurs que les non homophones congrus. Les véritables noms de couleurs pour leur part donne toujours des effets maximums dans un sens ou dans l'autre. Autrement dit, les codes orthographiques et phonétiques sont opérants dans le cas où la réponse est retardée par l'incongruence du stimulus, mais seuls les codes orthographiques sont opérants dans le cas



où la réponse est accélérée par la congruence du stimulus. La conclusion qui s'impose est que les codes phonétiques donnent lieu à un accès lexical plus tardif que les codes orthographiques, mais il est clair que les codes phonétiques ne sont pas supprimés, même lorsqu'ils entravent les performances. Il n'y a donc ici aucune évidence en ce qui concerne l'hypothèse d'un contrôle stratégique du codage phonétique, mais il est en revanche clair qu'il existe un biais temporel lié à la différence de vitesse d'accès lexical par un code ou par l'autre.

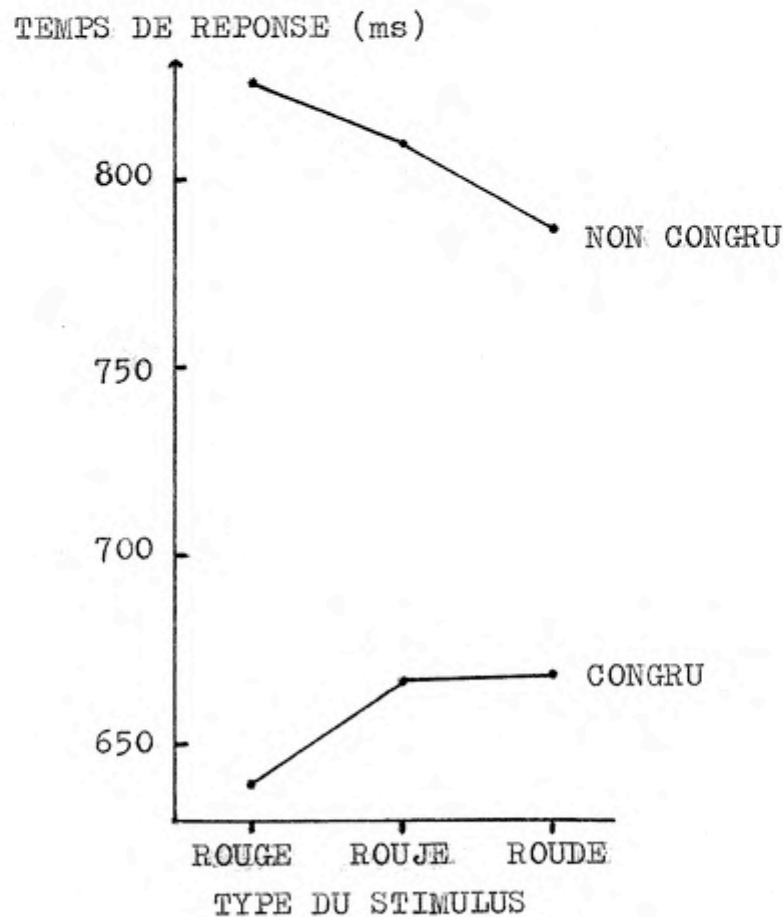


FIGURE 24 : Temps de réponse obtenus par la méthode de Stroop en fonction du type de suite de lettres (abscisse) et de sa congruence avec la couleur de l'encre (en paramètre).

(D'après Dennis et Newstead, 1981, Exp. 2)

Cependant, dans les expériences de Davelaar et al. (1978) aussi bien que dans celles de Dennis et Newstead (1981), les sujets n'étaient pas explicitement invités à contrôler leur stratégie de codage, de sorte que s'il y avait eu effectivement contrôle, il n'aurait pu être qu'incident. Il s'ensuit qu'on ne peut en toute rigueur pas déduire du constat de non contrôle dans la dernière expérience présentée que le sujet n'est pas en mesure de contrôler ses stratégies de codage.

Nous avons pour notre part réalisé une expérience destinée à éprouver l'hypothèse suivant laquelle le sujet serait en mesure de contrôler volontairement son usage de l'un ou l'autre des codes d'accès au lexique ( expérience non publiée, voir appendice p.100 ). Nous avons utilisé comme stimulus trois types de syntagmes nominaux (Article + Nom) qui pouvaient être soit grammaticaux (ex: LE PHARE), soit homophones de syntagmes grammaticaux (ex: LE PAIRE), soit enfin agrammaticaux quel que soit le code (ex: LE NEIGE). D'autre part nous avons proposé aux sujets deux types de tâches (dans un ordre contrebalancé). Dans la tâche "orthographique" le sujet devait juger de la grammaticalité du syntagme en se fondant sur l'orthographe alors que dans la tâche "phonétique" il devait fonder son jugement uniquement sur la forme phonétiquement transcodée, de sorte que les syntagmes homophones n'appelaient pas la même réponse dans les deux tâches. D'autre part les sujets étaient parfaitement avertis de tous les cas de figures qu'ils pouvaient rencontrer, exemples à l'appui, et effectuaient une série d'essais d'entraînement appropriés avant chacune des tâches.



Précisons également que le jugement de grammaticalité est une tâche relativement longue qui nécessite environ une seconde, ce qui garantit que le codage phonétique ne peut pas être masqué par un biais temporel. Dans ces conditions, nous avons pu constater (Tableau I) trois faits importants :

. Dans la tâche phonétique, les temps de réponse et les pourcentages d'omissions sont considérables pour les syntagmes homophones par rapport aux syntagmes grammaticaux, ce qui indique que l'usage d'un code orthographique est irrépessible.

. Dans la tâche orthographique, les temps de réponse et les pourcentages de fausses alertes sont plus importants pour les syntagmes homophones que pour les syntagmes agrammaticaux, ce qui indique que l'usage d'un code phonétique est irrépessible.

. Les temps de réponse pour les syntagmes grammaticaux (ainsi que pour les syntagmes agrammaticaux) sont beaucoup plus longs dans la tâche phonétique que dans la tâche orthographique, ce qui indique que l'usage d'un code phonétique nécessite un délai plus long que l'usage d'un code orthographique (en moyenne).

STIMULUS TÂCHE	GRAMMATICAL	HOMOPHONE	AGRAMMATICAL
PHONETIQUE	1249 (3,75 %)	1969 (28,5 %)	2007 (6,5 %)
ORTHOGRAPHIQUE	1044 (3,25 %)	1466 (11,75%)	1302 (4,25%)

TABLEAU I : Temps de réponse (ms) et pourcentages d'erreurs (entre parenthèses) dans les jugements de grammaticalité de trois types de syntagmes nominaux suivant que le jugement doit être fondé sur la forme orthographique ou la forme phonétique du stimulus présenté visuellement. Les homophones appellent une réponse positive en tâche phonétique et négative en tâche orthographique.



Il apparait donc clairement que la forme orthographique et la forme phonétiquement transcodée du stimulus sont toutes deux utilisées par la perception pour identifier le mot, le sujet n'ayant semble-t-il pas la possibilité de contrôler stratégiquement son usage de l'un ou l'autre des codes d'accès au lexique. Nous trouvons d'autre part confirmation du fait que l'accès lexical par méditation phonétique est en moyenne nettement plus lent que l'accès lexical par médiation orthographique, de sorte que l'apparente suppression du codage phonétique dans certaines expériences est vraisemblablement due à un biais temporel et non à une suppression effective. En fait, le seul contrôle indirect que puisse éventuellement avoir le sujet sur ses codes d'accès au lexique est à notre avis un contrôle stratégique du temps de décision dans les tâches qui le permettent. Le fait que, dans certaines expériences, l'accès phonétique semble effectivement précéder une "vérification" de l'orthographe (cf. Rubenstein et al., 1971 ; Davelaar et al., 1978) est peut-être lié au fait que les représentations phonétiques, lorsqu'elles sont opérantes, sont plus prégnantes ou moins labiles que les représentations orthographiques, de sorte que si la décision de reconnaissance n'est pas prise avant l'accès lexical phonétique, alors c'est la forme phonétique qui sert de base privilégiée au processus de reconnaissance du mot, l'orthographe prenant dans ce cas particulier le rôle d'un code de contrôle. C'est qu'il ne faut en effet pas confondre les processus par lesquels le lexique est activé, qui sont probablement graduels et générateurs d'un certain "bruit", avec les processus de décision propres à une tâche donnée.

APPENDICE AU § 6.3

Codage orthographique et codage phonétique dans la lecture

- Description de l'expérience présentée p. 97-98 -

- . SUJETS : 40 étudiants de l'I.U.T de Lannion (17 F. et 23 G.) ayant le français pour langue maternelle et possédant une vue normale ou corrigée à la normale. Les sujets sont rémunérés pour leur participation à l'expérience.
- . DISPOSITIF : L'expérience est pilotée par un micro-ordinateur APPLE II, l'affichage des stimulus se faisant au centre d'un écran vidéo rafraîchi à 50 Hz et équipé d'un phosphore P4 blanc et peu rémanent. Les caractères sont des majuscules en matrice fixe 5 x 7 points et inter-lettres de 2 points minimum donnant une chasse de 0,5 cm par caractère et lus à environ 60 cm de distance. La luminance des caractères est de 70 cd/m<sup>2</sup> et celle du fond de 1 cd/m<sup>2</sup>, soit un contraste de .99 . Deux touches voisines du clavier APPLE II marquées OUI et NON sont utilisées comme touches de réponse. Le programme pilote saisit les réponses et les temps de réponse avec une précision de 1 ms.
- . STIMULUS : Les stimulus sont des syntagmes nominaux du type ARTICLE + NOM, les articles pouvant être LE ou LA en nombres égaux d'occurrences, et les noms étant des noms communs familiers, monosyllabiques et longs de 5 lettres pour les items tests, accordés ou non en genre avec l'article suivant les cas. Deux ensembles de stimulus tests sont utilisés, chacun se subdivisant en trois sous-ensembles de 10 syntagmes (soit 5 LE + Nom et 5 LA + Nom) dont les types sont :
  - Syntagmes grammaticaux : (LE PHARE)
  - Syntagmes agrammaticaux homophones de grammaticaux : (LE PAIRE)
  - Syntagmes agrammaticaux : (LE NEIGE)Un ensemble complémentaire de 10 syntagmes grammaticaux (non tests) et un autre ensemble de 10 syntagmes agrammaticaux



sont utilisés pour égaliser la probabilité des réponses OUI et NON à .50 dans chacune des deux tâches expérimentales. Sont également utilisés deux ensembles de stimulus d'entraînement, chacun se subdivisant en trois sous-ensembles de 8 syntagmes représentant tous les types de syntagmes tests, et complétés pour chaque tâche par un ensemble approprié de 8 syntagmes destinés à maintenir la probabilité des réponses OUI et NON à .50 . Les stimulus d'entraînement utilisent des noms de 4 lettres (à l'exception de deux d'entre eux), ceci étant dû au fait qu'on ne peut pas trouver dans la langue suffisamment d'homophones de genres opposés en 5 lettres et que nous avons réservé ces derniers aux stimulus tests. (Voir la liste des stimulus à la fin de l'appendice.)

- . TÂCHES : Chaque sujet est confronté successivement à deux tâches différentes :
  - Dans la tâche "orthographique" le sujet doit juger le plus exactement et le plus rapidement possible de l'accord de l'article et du nom en se fondant uniquement sur la forme orthographique du stimulus. La réponse est fournie en appuyant sur la touche OUI ou sur la touche NON toujours avec l'index de la main droite. dans cette tâche, les réponses appropriées sont :
    - Grammatical (ex: LE PHARE) = OUI
    - Homophone (ex: LE PAIRE) = NON
    - Agrammatical(ex: LE NEIGE) = NON
  - Dans la tâche "phonétique" le sujet doit fonder son jugement uniquement sur la forme phonétiquement transcodée du stimulus et ignorer si nécessaire la forme orthographique. Dans ce cas, les réponses appropriées sont :
    - Grammatical (ex: LE PHARE) = OUI
    - Homophone (ex: LE PAIRE) = OUI
    - Agrammatical(ex: LE NEIGE) = NON

Le sujet est soigneusement instruit de chaque tâche avant le début de la phase expérimentale correspondante, des exemples non expérimentaux de chaque cas de figure sont fournis et l'on vérifie que le sujet a parfaitement compris la tâche.



- . PROCEDURE : La passation se déroule en deux phases dont chacune correspond à l'une des deux tâches expérimentales , l'ordre de passation des tâches étant inversé pour la moitié des sujets. Pour chacun des ordres, le premier ensemble de stimulus d'entraînement et de stimulus tests est assigné à la tâche orthographique et le second ensemble à la tâche phonétique pour la moitié des sujets, les assignations étant inverses pour l'autre moitié des sujets. Ce plan de neutralisation définit donc 4 groupes de 10 sujets. Chaque phase expérimentale débute par l'instruction du sujet concernant la tâche, suivie de 32 essais d'entraînement où les stimulus sont présentés dans un ordre aléatoire constant pour chaque groupe. Enfin, les 30 stimulus tests et les 10 stimulus complémentaires pour la tâche considérée (grammaticaux en tâche orthographique et agrammaticaux en tâche phonétique) sont présentés dans un ordre aléatoire aléatoirement variable d'un sujet à l'autre (tirage aléatoire en temps réel par le programme pilote). Cette procédure assure que l'effet d'éventuels biais séquentiels est intégré à celui de sources aléatoires et ne peut être confondu avec l'effet de sources systématiques. Un essai débute par un signal sonore qui prévient le sujet, puis 500 ms plus tard, le stimulus est affiché sur l'écran et le reste jusqu'à ce que le sujet fournisse sa réponse en appuyant sur l'une des touches de réponse. L'essai suivant débute 3 secondes après la réponse du sujet et aucun feed-back n'est donné sur l'exactitude de la réponse.

. FACTEURS :

$I_{60}$  = Items (aléatoire)

$S_{40}$  = Sujets (aléatoire)

$A_2$  = Article = { LE, LA } (secondaire)

$E_2$  = Assignation des listes d'items aux tâches (secondaire)

$O_2$  = Ordre de passation des tâches (secondaire)

$C_3$  = Catégorie de syntagme = { Gram., Homoph., Agram. }

$T_2$  = Tâche = { Orthographique, Phonétique }

. PLAN :

$$I_5 \langle A_2 * C_3 * T_2 \rangle * S_{I0} \langle E_2 * O_2 \rangle$$

Les divers plans d'analyse effectifs ne concernent que des sous-ensembles homogènes de l'ensemble des données et sont de la forme :

$$I_5 \langle A_2 * C_2 \rangle * S_{I0} \langle E_2 * O_2 \rangle \quad \text{ou} \quad I_5 \langle A_2 * T_2 \rangle * S_{I0} \langle E_2 * O_2 \rangle$$

. VARIABLES DEPENDANTES :

- EXACTITUDE DE LA REPONSE ( binaire )
- TEMPS DE REPONSE (ms)

. ANALYSE DES DONNEES :

Les deux variables dépendantes sont soumises séparément à des analyses de la variance réalisées à l'aide du programme VARIANA que nous avons rédigé pour APPLE II. Les valeurs de F sont calculées pour chaque comparaison par rapport à chacune des sources aléatoires appropriées possibles, c'est-à-dire contenant I (Items) ou S (Sujets).

. HYPOTHESES :

H1 : En tâche phonétique, les réponses positives sont plus faciles pour les syntagmes grammaticaux que pour les syntagmes homophones.

H2 : En tâche orthographique, le rejet est plus difficile pour les syntagmes homophones que pour les syntagmes agrammaticaux.

H3 : Le jugement des syntagmes grammaticaux est plus rapide en tâche phonétique qu'en tâche orthographique (cf. Meyer & Ruddy, 1973 et Meyer & Gutschera, 1975 , mais contredit par les résultats de cette expérience).

H4 : Le rejet des syntagmes agrammaticaux est plus long en tâche phonétique qu'en tâche orthographique.

. RESULTATS PRINCIPAUX :

Temps de réponse moyens (ms)

STIMULUS TÂCHE	GRAMMATICAL	HOMOPHONE	AGRAMMATICAL
PHONETIQUE	(a) 1249	(b) 1969	(c) 2007
ORTHOGRAPHIQUE	(d) 1044	(e) 1466	(f) 1302

Analyse de la variance des temps

COMPARAISON	ALEATOIRE ITEMS			ALEATOIRE SUJETS		
	DL	F	p	DL	F	p
a, b	1;16	111,39	.001	1;36	234,47	.001
e, f	1;16	4,46	.05	1;36	34,55	.001
a, d	1;16	16,18	.001	1;36	12,98	.005
c, f	1;16	150,40	.001	1;36	93,54	.001

NB: Les effets d'homophonie ((a,b) et (e,f)) sont indépendants de l'ordre de passation des tâches, de même que les effets de forme à juger ((a,d) et (c,f)).

CONCLUSIONS : H1 , H2 et H4 exactes, mais le contraire de H3 est vrai.

REMARQUE : Le jugement positif sur les homophones (b) est plus lent que le jugement négatif sur ces mêmes homophones (e).



Pourcentages d'erreurs

STIMULUS TÂCHE	GRAMMATICAL	HOMOPHONE	AGRAMMATICAL
PHONETIQUE	3,75 (a)	28,50 (b)	6,50 (c)
ORTHOGRAPHIQUE	3,25 (d)	11,75 (e)	4,25 (f)

Analyse de la variance des réponses

COMPARAISON	ALEATOIRE ITEMS			ALEATOIRE SUJETS		
	DL	F	p	DL	F	p
a, b	1;16	16,63	.001	1;36	73,20	.001
e, f	1;16	5,54	.05	1;36	10,00	.005
a, d	1;16	< 1	N.S	1;36	< 1	N.S
c, f	1;16	< 1	N.S	1;36	1,67	N.S

NB: Les effets d'homophonie ((a,b) et (e,f)) sont indépendants de l'ordre de passation des tâches.

CONCLUSIONS : H1 et H2 exactes.

REMARQUE : En ce qui concerne les homophones, il y a plus d'omissions en tâche phonétique (b) que de confusions en tâche orthographique (e).

. LISTE DES STIMULUS :

STIMULUS TESTS

	ENSEMBLE 1		ENSEMBLE 2	
GRAMMATICAUX :	LE PHARE	LA MARGE	LE COUDE	LA VESTE
	LE SINGE	LA TERRE	LE MOINE	LA PORTE
	LE PACTE	LA LOUPE	LE VERRE	LA VACHE
	LE CALME	LA BACHE	LE LINGE	LA TABLE
	LE SABRE	LA LIGNE	LE SIGNE	LA COUPE
HOMOPHONES :	LE BALLE	LA POUCE	LE MALLE	LA COURS
	LE PAIRE	LA MYTHE	LE BUTTE	LA MAIRE
	LE BARRE	LA FAITE	LE TIQUE	LA CHENE
	LE COLLE	LA CHAUD	LE SELLE	LA RENNE
	LE COQUE	LA SAULE	LE TOMME	LA BOURG
AGRAMMATICAUX :	LE FABLE	LA PIEGE	LE SUITE	LA TITRE
	LE CORDE	LA STYLE	LE BOULE	LA GIVRE
	LE NEIGE	LA GENRE	LE FONTE	LA GRADE
	LE BOITE	LA SABLE	LE GORGE	LA CABLE
	LE CANNE	LA SONGE	LE BILLE	LA CRABE

STIMULUS COMPLEMENTAIRES (non tests)

TÂCHE ORTHOGRAPHIQUE		TÂCHE PHONETIQUE	
LE CONTE	LA PINCE	LE FLEUR	LA CHIEN
LE FRONT	LA TRACE	LE BORNE	LA FREIN
LE BRUIT	LA MASSE	LE POCHE	LA GRAIN
LE TRONC	LA PRISE	LE FORME	LA FRUIT
LE PLOMB	LA ROUTE	LE PENTE	LA TIGRE

STIMULUS D'ENTRAINEMENT

	ENSEMBLE 1		ENSEMBLE 2	
GRAMMATICAUX :	LE CHOC	LA BETE	LE GANG	LA PAGE
	LE SAUT	LA RAGE	LE SORT	LA MISE
	LE BLOC	LA VOIX	LE CODE	LA RACE
	LE FOND	LA RUSE	LE SAGE	LA LUGE
HOMOPHONES :	LE PEAU	LA POIL	LE FILE	LA JOUG
	LE MURE	LA ROUX	LE CAPE	LA FOIE
	LE CALE	LA VICE	LE GAZE	LA JARS
	LE HEURE	LA TOUT	LE SERRE	LA BOUT
AGRAMMATICAUX :	LE BASE	LA BRAS	LE CASE	LA PIED
	LE ROBE	LA BOIS	LE RIME	LA CHAR
	LE MAIN	LA ROND	LE TIGE	LA PION
	LE NUIT	LA PLAN	LE PART	LA CHOU

STIMULUS D'ENTRAÎNEMENT COMPLÉMENTAIRES

TÂCHE ORTHOGRAPHIQUE

TÂCHE PHONÉTIQUE

LE CHAT	LA JOIE	LE DUNE	LA FILM
LE FOIN	LA LUNE	LE NOIX	LA REVE
LE VENT	LA SOIF	LE DOSE	LA GAGE
LE SENS	LA HAIE	LE GRUE	LA TORT

- Fin de l'appendice -

---



## 7. LA POSITION SERIELLE DES COMPOSANTS ORTHOGRAPHIQUES

### 7.1 Procédures parallèles et procédures séquentielles :

On peut se demander si les différents composants orthographiques du stimulus (lettres ou patterns d'épellation) sont analysés simultanément par le système perceptif ou s'ils sont extraits en séquence les uns après les autres. La première éventualité renvoie à une famille de modèles théoriques dits "parallèles" et la seconde à une famille de modèles dits "sériels" ou parfois "séquentiels". Ces derniers doivent eux-mêmes être distingués entre eux suivant qu'ils supposent que l'extraction des éléments est effectuée dans un ordre quelconque, éventuellement aléatoire, ou dans un ordre systématique, par exemple de gauche à droite. En fait, si l'on ne suppose pas l'existence d'un ordre systématique d'extraction des éléments, les systèmes sériels sont très difficilement discernables des systèmes parallèles du fait que ces derniers, s'ils mettent en jeu des processus d'analyse simultanés sur les différentes parties du stimulus, ne supposent cependant pas que l'analyse aboutit dans les mêmes délais pour tous les composants, de sorte que la sortie du système peut dans certains cas "simuler" celle d'un système séquentiel (cf. Townsend, 1971, 1972). Pour prendre un exemple particulièrement simple, supposons que le stimulus comprenne quatre composants dont les caractéristiques (visuelles, statistiques etc.) sont telles que les temps nécessaires à leurs identifications respectives par un système parallèle s'ordonnent de sorte que  $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ , où  $t_i$  est le temps d'identification du  $i$ ème composant. Dans ces conditions la sortie du système ne peut être distinguée de celle

d'un système sériel opérant en séquence du 1<sup>o</sup> au 4<sup>o</sup> composant. Cependant, si l'on n'a aucune raison particulière de supposer que la difficulté d'identification des composants est une fonction systématique de leur position sérielle et que l'on parvient à dégager expérimentalement une variation systématique des performances perceptives, sur une variété suffisante de stimulus, en fonction de la position sérielle des éléments à identifier de façon critique, on peut légitimement en conclure qu'il existe un ordre systématique de traitement et qu'on a donc affaire à un système d'analyse séquentiel. Mais en fait, il existe des raisons de supposer que la difficulté d'identification n'est pas la même pour toutes les positions sérielles. La première de ces raisons est liée aux problèmes d'acuité visuelle et de masquage latéral (voir chapitre 2). Il se trouve que le caractère initial et le caractère final du stimulus ne subissent des effets de masque latéral dûs aux autres caractères que sur l'un de leurs côtés, alors que les caractères non extrémaux sont "masqués" sur leurs deux côtés. Dans ces conditions, un modèle d'analyse parallèle doit prédire de meilleures performances perceptives sur les éléments extrémaux plutôt que sur les éléments médians, c'est-à-dire typiquement une fonction en "U" (ou en U inversé suivant le type de mesure expérimentale des performances). Toutefois, ceci n'est vrai que si le stimulus est suffisamment court et convenablement centré par le regard de sorte que les caractères extrémaux ne soient pas hors des limites de l'empan visuel de saisie. Dans les mêmes conditions, un modèle sériel "gauche-droite" prédira toujours une fonction monotone et pourra donc être distingué du précédent.



Il est une ambiguïté qu'il convient peut-être de lever dès à présent en ce qui concerne ce qu'on entend précisément par "traitement parallèle" ou "traitement séquentiel". Il doit être d'une part bien clair que jusqu'à un certain niveau d'intégration au moins, le traitement visuel de l'image stimulus est de type "parallèle". Il est en effet extrêmement improbable que les différents points et segments composant l'image soient extraits en séquence les uns après les autres dans un ordre déterminé, et ceci ne serait du reste guère compatible avec la rapidité des phénomènes "iconiques" (voir chapitre 4). Il s'ensuit que lorsqu'on parle de traitement sériel ou séquentiel, on songe en fait à l'extraction de certaines unités de codage de niveau relativement élevé (lettres par exemple) à partir d'une image prétraitée en parallèle dans son ensemble. D'un autre côté, il est bien clair que l'éventuelle extraction de telles unités en parallèle n'est concevable que dans les limites d'un certain empan visuel où la résolution est suffisante pour autoriser un prétraitement convenable de l'image au cours d'une fixation oculaire, limitation qui d'ailleurs s'applique tout aussi bien au traitement séquentiel tant que l'oeil n'effectue pas de saccade. De ce fait, l'opposition parallèle v.s séquentiel n'a de sens que dans les limites de ce qui peut être saisi au cours d'une seule fixation oculaire.

Il existe un groupe de théories qui se caractérisent par le postulat d'un double processus dans l'analyse des stimulus visuels. Il y aurait en premier lieu une phase d'analyse parallèle mettant en jeu des processus de détection automatiques et dont la sortie serait relativement imprécise et "bruitée" d'erreurs.



A cette première phase de "filtrage" de l'information succéderait une seconde phase où des processus de discrimination fine à capacité limitée et requérant de l'attention de la part du sujet achèveraient l'analyse du signal séquentiellement (cf. Neisser, 1967 ; Schneider & Shiffrin, 1977 ; Hoffman, 1978). En ce qui concerne la vitesse des processus séquentiels, on ne dispose semble-t-il pas de résultats décisifs, mais à titre indicatif, Sperling et al. (1971) ont pu estimer que la cadence à laquelle un sujet peut explorer un ensemble de caractères à la recherche d'un caractère cible est de l'ordre de un caractère toutes les  $10 \pm 2$  ms. Cette cadence très rapide contraste quelque peu avec la notion d'attention introduite par les théories évoquées plus haut, du moins relativement à l'intuition que nous avons pour notre part de ce que l'on pourrait appeler "attention". D'autre part, on a pu constater dans diverses expériences où le sujet doit rechercher un caractère cible dans un ensemble de caractères distracteurs qu'on lui présente visuellement, que les performances perceptives dépendent peu ou pas du nombre de caractères que contient le stimulus lorsque les caractères cibles et les caractères distracteurs appartiennent à des catégories différentes (ex: lettres v.s chiffres) et que l'on n'intervertit pas les rôles des cibles et des distracteurs au cours de l'expérience (cf. Egeth & al., 1972; Kristofferson, 1972, 1977; Jonides & Gleitman, 1972, 1976; Kristofferson & al., 1973; Gleitman & Jonides, 1976, 1978). Cependant, lorsque les cibles et les distracteurs sont de même catégorie (ex: lettres) ou échangent leurs rôles au cours de l'expérience, on dégage typiquement des effets

liés à une limitation de la capacité de traitement et à l'usage de procédures d'encodage séquentielles des caractères (cf. Hoffman, 1978, 1979 ; Snodgrass & Townsend, 1980).

Ces phénomènes pourraient peut-être s'interpréter convenablement si l'on suppose qu'il existe divers sous-systèmes ou processeurs spécialisés dans l'extraction de tel ou tel type de caractères à partir de l'image pré-traitée du signal. On pourrait par exemple imaginer qu'il existe un processeur séquentiel spécialisé dans le traitement des caractères alphabétiques (automate de reconnaissance des lettres), un autre processeur séquentiel étant spécialisé dans la reconnaissance des chiffres ou d'autres symboles. Dans ce cas, lorsqu'un certain processeur "spécialiste" est sélectivement utilisé par le sujet au cours de l'expérience, il peut ignorer purement et simplement les caractères étrangers à la catégorie des caractères constituant les cibles à identifier et aller droit au caractère cible qui est seul identifiable par ce processeur. Dans ce cas, les distracteurs étrangers à la catégorie cible ne peuvent retarder que de façon minime l'identification de la cible. En revanche, si les distracteurs sont également identifiables par le processeur spécialiste actif, alors tous les caractères contenus dans le stimulus seront systématiquement extraits en séquence les uns après les autres jusqu'à ce que la cible soit découverte, d'où les phénomènes observés.



## 7.2 L'analyse des mots :

Le problème de l'analyse des suites de lettres formant mots est particulièrement complexe du fait que l'on doit considérer, outre les aspects procéduraux évoqués au paragraphe précédent, un certain nombre de déterminants proprement lexicaux tels que par exemple la valeur informative, ou discriminante, des différents composants orthographiques du stimulus. C'est en effet que les différentes parties d'un mot ne véhiculent pas la même quantité d'information (voir appendice p. 123 ) et certains auteurs ont suggéré que le lecteur pourrait adopter une certaine stratégie perceptive le conduisant à traiter en priorité les parties les plus informatives du stimulus en saisie tachystoscopique (cf. Haslerud & Clark, 1957 ). Il semble qu'en anglais ces parties sont, par ordre décroissant de valeur informative, le début, la fin, et enfin la partie médiane du stimulus, de sorte que l'on doit observer des stratégies de traitement séquentiel opérant de la périphérie vers le centre du stimulus, ce que semblent suggérer certains résultats récents (cf. McCusker & al., 1981). Malheureusement, l'usage d'une telle stratégie en anglais tend en fait à engendrer des phénomènes observables indiscernables de ceux qu'engendre un traitement simultané de type "parallèle" compte tenu des effets de masquage latéral entre les lettres, de sorte que l'hypothèse stratégique semble bien hasardeuse. Il se trouve que la valeur informative des composants du mot semble être différemment répartie dans les mots français et les mots anglais. Ainsi qu'on pourra le constater



dans l'appendice qui est en fin de paragraphe, les éléments médians du stimulus sont très informatifs en français, de même que la première lettre. Les éléments les plus redondants sont les éléments (lettres ou digrammes) terminaux ainsi que la seconde lettre qui est très fréquemment une voyelle (ce qui explique la redondance particulière à cette position). Or, malgré cette répartition particulière des charges informatives en français, P. Oléron (1961) trouve que le rôle des éléments extrémaux est plus important que celui des éléments médians dans la perception des mots. Il est donc possible que la statistique lexicographique n'ait pas grand chose à voir avec les effets périphérie-centre observés et ces derniers sont plus probablement liés aux contraintes imposées par le traitement visuel du signal au processus de reconnaissance des mots. Si tel est le cas, la question des procédures d'encodage des différents composants du mot reste entière dans la mesure où l'on admet que l'analyse du stimulus procède successivement en une phase parallèle suivie d'une phase séquentielle ainsi que nous l'avons signalé au paragraphe précédent. En effet, que des déterminants de nature visuelle interviennent lors de la phase de détection parallèle n'a rien de surprenant et il est normal d'en observer les effets dans des situations limites de saisie tels qu'une présentation tachystoscopique du stimulus. Cependant, ceci ne nous apprend rien sur l'éventualité d'une seconde phase d'analyse séquentielle dans le traitement du mot.

Une autre façon d'aborder le problème consiste à se demander si les mots sont détectés de façon automatique, ce qui tendrait à

suggérer que le mot est en quelque sorte une unité de codage terminale dans un système de détection parallèle des composants, ou si l'activation d'une unité lexicale met nécessairement en jeu des processus d'analyse du signal qui ne sont pas automatiques, ce qui ferait plutôt pencher la décision en faveur de l'hypothèse d'intervention d'un système séquentiel à capacité limitée dans le cadre des théories de l'analyse en deux phases.

La première éventualité est suggérée par un certain nombre de résultats obtenus en lecture tachystoscopique avec masque visuel rétroactif où il semble que le sujet puisse accéder à la signification du stimulus alors même que les conditions de masquage sont telles qu'il est incapable de dire quel mot il a vu où même s'il a vu quelque chose (cf. Allport, 1977; Marcel & Patterson, 1978; Fowler & al., 1981). Dans ces conditions, on est tenté de supposer qu'il existe un processus d'accès au lexique entièrement automatique dont le sujet n'a même pas "conscience", mais en fait, tout ce qu'on montre expérimentalement, c'est qu'il n'en a pas "souvenir" après la stimulation, de sorte que malgré l'aspect suggestif de ces expériences, les conclusions restent très incertaines. De plus, D. Holender (1982), après un examen critique détaillé de l'ensemble des travaux concernant "l'accès lexical sans conscience", en arrive à la conclusion qu'il n'existe en fait aucune démonstration décisive de la réalité du phénomène. La seconde éventualité pourrait être suggérée par une série de résultats obtenus par Holender (1979) et par Johnston (1981) à l'aide de la technique expérimentale de Reicher (1969). Ces résultats montrent en particulier que lorsque le sujet est



informé, préalablement à la présentation du stimulus, de l'identité des deux lettres constituant les deux termes du choix forcé post-exposition, ou de la position de la lettre critique dans le stimulus, alors l'effet habituel de supériorité perceptive des lettres incluses dans des mots par rapport à des lettres isolées comme stimulus disparaît. Bien plus, cette suppression de l'effet de supériorité des mots résulte en fait essentiellement d'une chute des performances sur les mots par rapport au cas où aucune information pré-exposition n'est donnée au sujet sur les éléments critiques. Tout semble donc se passer comme si le sujet, lorsqu'il dispose d'une information préalable sur l'élément critique contenu dans le stimulus, ignorait purement et simplement le mot comme tel, fût-ce au détriment de ses performances. La conclusion qui ~~doit~~ s'imposer, nous semble-t-il, est que les mécanismes qui engendrent l'effet de supériorité perceptive des mots ne relèvent pas de processus automatiques. Est-ce-à-dire que l'accès lexical n'est pas automatique ?

Cela est moins sûr du fait que, si l'effet de supériorité des mots suppose logiquement que le lexique est activé, la réciproque est bien loin d'être démontrée. Il n'est en effet pas impensable que le mot soit détecté dans tous les cas mais que le sujet n'utilise pas cette information pour former sa décision dans le cas où il connaît a priori la position ou l'identité possible de la lettre critique dans le mot. Autrement dit, dans ce dernier cas, le sujet pourrait simplement focaliser son attention sur l'élément cible dans le stimulus, ce qui n'exclut pas une détection automatique incidente du mot.



L'opposition automatique v.s non automatique ne semble donc pas nous offrir pour l'instant la possibilité de progresser dans nos conjectures concernant la nature parallèle ou sérielle de l'extraction des composants orthographiques du mot.

On peut alors tenter de dégager des variations systématiques des performances perceptives en fonction de la position sérielle des lettres "critiques" dans le mot stimulus, pourvu que ces variations ne soient pas interprétables en termes de déterminants purement visuels (fonction en U). Typiquement, on peut rechercher une fonction monotone correspondant à une procédure d'encodage des lettres opérant de gauche à droite sur le stimulus (ou plutôt sur l'image prétraitée de celui-ci) en faisant l'hypothèse que le "scanning" au cours d'une fixation oculaire opère dans le même sens que la progression normale du regard dans la lecture. Cependant, la recherche d'une telle fonction pose en fait un certain nombre de problèmes sur le plan expérimental. Il y a d'une part le fait que l'on peut difficilement éliminer l'effet des déterminants visuels dans le processus de saisie et nous n'avons pas pour notre part connaissance d'une procédure expérimentale qui permettrait de contrôler efficacement ces facteurs. Il existe d'autre part un second problème qui tient à la nature des unités critiques de reconnaissance qui peuvent être, ainsi que nous l'avons vu au chapitre 5, soit des lettres individuelles soit des petits groupes de lettres formant des "patterns d'épellation", lesquels, s'ils sont encodés directement comme des unités intégrées, peuvent provoquer des "aplatissements" locaux de la fonction de position sérielle. Ce facteur-ci, du moins, est très

facile à contrôler expérimentalement, mais nous n'avons hélas pas connaissance d'expériences où ce fut fait systématiquement. Enfin, nous avons évoqué en début de ce paragraphe les problèmes liés à la valeur informative des composants orthographiques à différentes positions dans le mot. La quantité d'information véhiculée par les éléments a été envisagée comme un facteur à effet positif sur la perception en raison d'hypothèses sur les stratégies "d'exploration" du stimulus et sur la valeur discriminante des éléments au niveau lexical. Cependant, plus un élément est informatif, moins il est redondant (par définition) et donc moins il est a priori prévisible. Or on sait qu'une faible redondance positionnelle des lettres peut parfois entraver les performances perceptives, particulièrement chez les lecteurs les moins performants (cf. Barron, 1980). Inversement, plus un élément est redondant, plus il est a priori prévisible et l'on peut imaginer que dans certains cas de saisie rapide ou difficile de l'information visuelle, la redondance pourrait être utilisée par la perception comme facteur correcteur ou précorrecteur des erreurs d'identification, ou comme "réducteur" d'ambiguïtés perceptives sur les composants orthographiques. Or, lorsqu'on fait l'hypothèse d'une extraction séquentielle de ces composants, il convient de considérer une autre forme de redondance que la redondance positionnelle dont nous avons parlé jusqu'à présent. C'est en effet que toutes les suites de lettres ne sont pas possibles dans la langue, de sorte que les composants les plus à gauche exercent une certaine contrainte séquentielle (ou markovienne) sur les composants les plus à droite dans le stimulus.



La redondance séquentielle augmente très vite en fonction du rang sériel des lettres et l'on pourra se faire une idée approximative de son évolution en consultant l'appendice qui est à la fin de ce paragraphe. Une conséquence importante de ceci est que si la redondance séquentielle joue effectivement un rôle dans l'analyse perceptive des mots (ce qui est loin d'être sûr), alors il se pourrait que le délai séparant l'identification de deux lettres consécutives soit plus court vers la fin des mots que vers le début, c'est-à-dire que l'analyse séquentielle engendrerait une fonction sérielle monotone mais non linéaire.

On voit donc, dans l'ensemble, que la mise en évidence expérimentale de procédures séquentielles dans l'analyse des mots n'est pas a priori une chose simple car les variations des performances perceptives en fonction de la position sérielle des lettres peuvent théoriquement obéir à de multiples déterminants, et il est probable que nous ne les avons pas tous passés en revue (on peut par exemple songer à une pondération variable des composants orthographiques au niveau des entrées lexicales ainsi que nous l'envisagerons ultérieurement). Quel type de fonction peut-on donc raisonnablement espérer observer s'il existe une analyse séquentielle "gauche-droite" des composants orthographiques du mot ? Nous conjecturons que les performances perceptives doivent varier de façon monotone, dans un sens dépendant de la nature des mesures expérimentales (temps ou exactitude des réponses), ceci au moins jusqu'à l'avant dernier rang des lettres du mot. La dernière lettre pose un problème particulier, surtout



en saisie tachystoscopique, du fait que, tout comme la première, elle ne subit d'effet de masque latéral visuel que sur l'un de ses côtés, de sorte que l'information visuelle disponible devrait réduire la probabilité des erreurs d'identification ou des indéterminations aux deux positions extrémales par rapport aux positions médianes. Toutefois, si l'analyse est séquentielle la dernière lettre doit toujours être extraite postérieurement à la première, bien qu'elle soit a priori aussi "visible" et plus redondante (dans tous les cas de redondance) que celle-ci. En fait, nos conjectures ne sont pas tout-à-fait "innocentes" et nous les avons en réalité formulées à l'issue d'une réflexion sur un certain nombre de résultats expérimentaux dont voici un échantillon.

Les premiers résultats que nous voudrions examiner sont dûs à Henderson et Henderson (1975). Ces auteurs ont étudié l'effet sur le temps de comparaison visuelle de deux mots ou de deux suites aléatoires de lettres, du nombre et de la position sérielle des lettres différenciant les deux stimulus, le sujet ayant pour tâche de juger le plus rapidement possible de l'identité ou de la dissemblance de ces stimulus. Les résultats montrent que la latence des jugements est dans tous les cas plus courte lorsque les stimulus composant les paires dissemblables se différencient par trois lettres (sur quatre) plutôt que par une seule, ce qui à notre avis n'indique rien d'autre que la possibilité d'effectuer une comparaison globale purement visuelle et suffisante dans le premier cas seulement. Lorsque les deux stimulus d'une paire se différencient par une seule lettre (fig. 25), la latence des

jugements augmente quasi linéairement en fonction du rang de la lettre différente pour les non mots, ce qui indique sans ambiguïté dans ce cas l'usage d'une procédure séquentielle opérant de gauche à droite. En ce qui concerne les mots, la comparaison est plus rapide, ce qui indique l'usage probable du code lexical dans la comparaison, et la fonction sérielle n'est pas tout-à-fait monotone, mais ainsi qu'on peut le constater, sa forme est compatible avec l'usage d'une procédure séquentielle gauche-droite compte tenu des remarques que nous avons faites plus haut (à noter que ceci n'est pas la conclusion des auteurs).

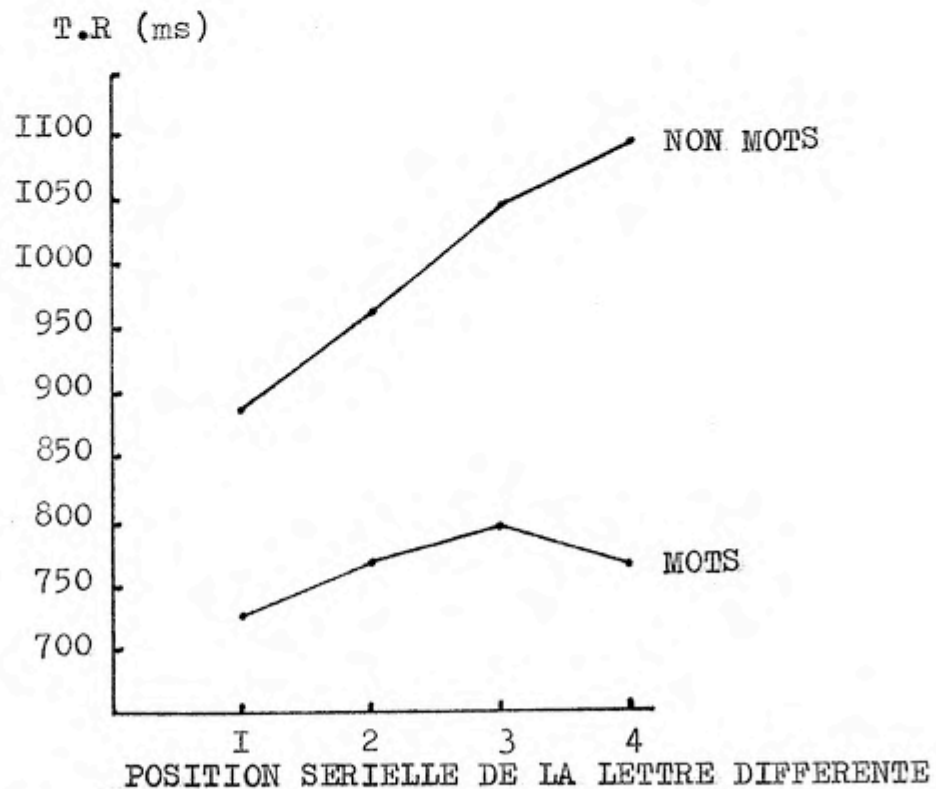


FIGURE 25 : Temps de latence de la réponse de discrimination de deux mots ou deux non-mots présentés l'un au dessus de l'autre en fonction de la position sérielle de l'unique lettre les différenciant. (D'après Henderson et Henderson, 1975 )



Une autre méthode intéressante pour l'étude des effets sériels consiste à appliquer la technique de Reicher (1969) et à examiner les variations du pourcentage de choix forcés corrects en fonction de la position de la lettre critique dans le stimulus. Un certain nombre d'auteurs ont utilisé cette méthode (cf. Johnston & McClelland, 1980 et Rumelhart & McClelland, 1982 par exemple). Les résultats font apparaître une certaine variabilité des effets sériels suivant les expériences et le matériel lexical utilisé, mais ils montrent généralement de meilleures performances sur la première ou sur les deux premières lettres, et parfois un certain avantage de la dernière lettre sur l'avant dernière. D. Holender (communication personnelle) a récemment obtenu des profils de ce type avec des non-mots et des mots français, ce qui laisse supposer que le phénomène est assez général. On peut voir sur la figure 26 un profil d'effet sériel assez typique que nous avons emprunté à Rumelhart et McClelland (1982). On remarquera en outre que l'effet est analogue à celui qu'ont obtenu Henderson et Henderson (1975) dans une tâche de comparaison et il appelle selon nous les mêmes conclusions.



FIGURE 26 : Pourcentage de choix forcés corrects par la technique de Reicher, en fonction de la position de la lettre test dans le mot stimulus. (D'après Rumelhart & McClelland, 1982, p.77)



APPENDICE AU § 7.2

- Quelques statistiques lexicographiques -

Ne disposant malheureusement pas des statistiques lexicographiques utiles pour la langue française, nous avons réalisé quelques estimations de la redondance positionnelle et de la redondance séquentielle des unités orthographiques dans le lexique français. Nous avons travaillé avec des moyens limités et sur des échantillons lexicaux relativement restreints, surtout pour la redondance séquentielle, de sorte que ce qui suit n'a qu'une valeur indicative mais permettra cependant de se faire une idée de la forme générale des lois.

A. REDONDANCE POSITIONNELLE :

Nous avons calculé la redondance positionnelle moyenne par lettre pour un échantillon lexical de 1761 mots de 4 lettres (quasi exhaustif) ainsi que la redondance positionnelle moyenne par lettre et par digramme pour un échantillon de 620 mots de 6 lettres, le décompte des digrammes aux différentes positions pour ce dernier étant dû à J. Pynte (tables non publiées). La fréquence d'usage des mots n'est pas prise en compte dans les calculs et seul le nombre de mots de l'échantillon contenant une unité orthographique donnée à une position donnée est comptabilisé.

Les statistiques utilisées sont empruntées à la Théorie de l'Information, la procédure de calcul étant la suivante:

I) On dénombre séparément pour chaque position dans les mots, les occurrences de chacune des  $k$  unités de l'alphabet  $A$  considéré ( $k = 26$  pour les lettres,  $k = 26^2$  pour les digrammes), chaque unité  $a \in A$  ayant un effectif  $n_a$  associé pour la position considérée et l'on a :  $\sum_{a \in A} n_a = N$ , où  $N$  est l'effectif de l'échan-

tillon lexical utilisé.

2) On estime pour chaque position  $x$  l'entropie :

$$H_x = - \sum_{\forall a \in A} p_a \log_2 p_a \quad \text{par :}$$

$$\hat{H}_x = (N \log_2 N - \sum_{\forall a \in A} n_a \log_2 n_a) / N$$

avec la correction éventuelle :

$$H_x = \hat{H}_x + .7213(k-1)/N \quad \text{lorsque } \forall a \in A, n_a > 0 \quad \text{pour toutes les positions.}$$

3) On estime l'incertitude relative :

$$i_x = H_x / H_{\max} \quad \text{avec } H_{\max} = \log_2 k$$

puis la redondance :

$$R_x = 1 - i_x$$

On peut voir sur la figure A.I les variations de la redondance des lettres en fonction de la position dans les mots de 4 lettres. Cette variation est fortement corrélée avec la fréquence des voyelles aux différentes positions, ainsi qu'on peut le constater.

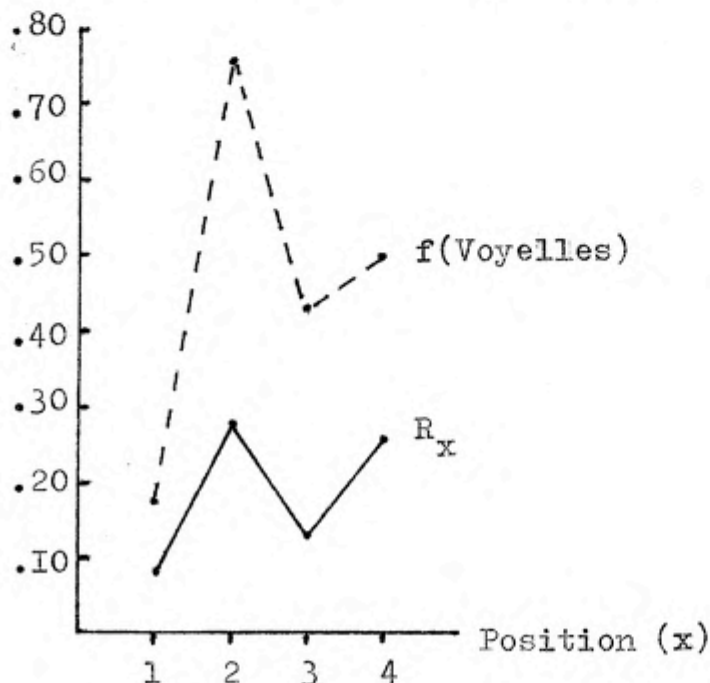


FIGURE A.I :  
Redondance moyenne par  
lettre ( $R_x$ ) et fréquence  
des voyelles en fonction  
de la position dans des  
mots français de 4 lettres  
( $N = 1761$ ).

LETTRE	POSITION 1	POSITION 2	POSITION 3	POSITION 4
A	116	338	135	232
B	115	15	32	3
C	135	18	59	41
D	79	8	50	40
E	64	236	186	422
F	100	0	19	25
G	75	13	41	13
H	50	30	7	13
I	33	224	208	109
J	38	1	4	0
K	25	3	13	16
L	91	64	123	41
M	107	28	54	20
N	53	33	135	65
O	64	329	65	41
P	137	17	47	12
Q	5	0	1	1
R	110	117	165	51
S	122	24	60	354
T	115	19	129	142
U	24	200	143	58
V	73	16	36	0
W	2	2	3	2
X	0	11	18	29
Y	9	13	22	9
Z	19	2	6	22

TABLEAU A.I : Nombre de mots français de 4 lettres (sur 1761) contenant la lettre de l'entrée ligne à la position de l'entrée colonne. Les diacritiques ne sont pas distingués de la forme de base sans postiche des lettres (alphabet majuscule standard).



On peut voir sur la figure A.2.a les variations de la redondance positionnelle moyenne par lettre et la fréquence des voyelles aux différentes positions pour des mots de 6 lettres. La figure A.2.b montre les variations de la redondance positionnelle moyenne par digramme, toujours pour les mots de 6 lettres, la position étant cette fois marquée par deux indices dont le premier désigne la position de la première lettre du digramme et le second la position de la deuxième lettre du digramme.

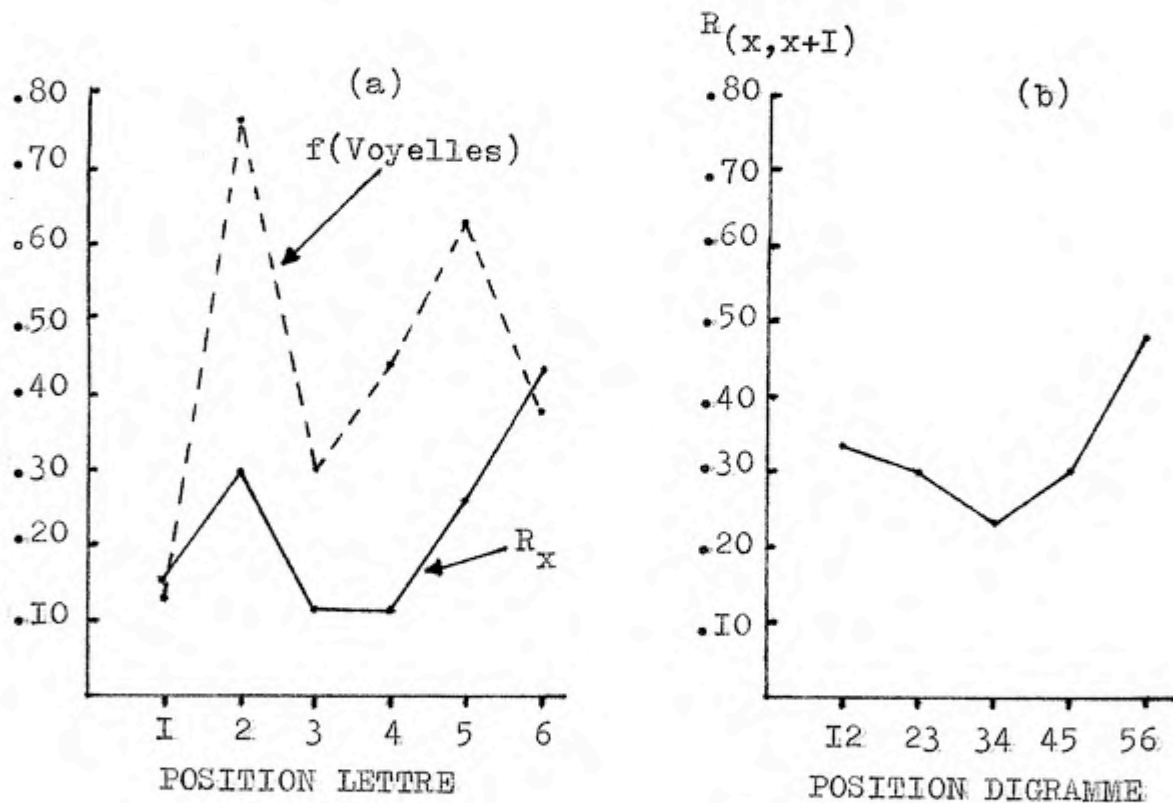


FIGURE A.2 : Variation de la redondance positionnelle moyenne par lettre et de la fréquence des voyelles (a) ainsi que de la redondance positionnelle moyenne par digramme (b) en fonction de la position dans des mots français de 6 lettres ( $N = 620$ ).

(Calculs effectués à partir d'un décompte des unités réalisé par J. Pynte et utilisé notamment par Pynte & Masselot, 1980 )

## B. CONTRAINTE SEQUENTIELLE :

Nous avons évalué la contrainte séquentielle à l'intérieur des mots sur un échantillon lexical de 252 mots français courants dont l'initiale est la lettre A. Compte tenu de la nature du problème, un tel échantillon est insuffisant et doit conduire dans l'ensemble à une surestimation de la contrainte séquentielle (dans des mots isolés), remarque dont on voudra bien tenir compte en examinant ce qui suit.

Les indices de contrainte étudiés sont d'une part le nombre de choix distincts possibles pour une lettre au rang séquentiel  $r$  compte tenu de la séquence des  $r - 1$  premières lettres. Le second indice étudié est la "longueur de la séquence initiale utile", entendons par là, le nombre  $U$  tel que la prise en compte des  $U$  premières lettres du mot dans l'ordre permet de déterminer univoquement l'identité du mot dans l'échantillon lexical. Ces deux indices sont d'autant plus faibles que la contrainte séquentielle est plus forte.

### B.I Nombre de choix au rang $r$ :

Ce nombre est déterminé de la façon suivante :

- Pour le rang I, il est a priori égal à 26 puisque toutes les lettres de l'alphabet sont susceptibles d'être l'initiale d'un mot en français (non équiprobablement toutefois).
- Pour les autres rangs, le maximum possible est 27 car on constatera qu'il est indispensable dans bien des cas de prendre en compte l'espacement terminal d'un mot. Le nombre  $c_r$  de choix possibles au rang  $r$  est le nombre de lettres distinctes, plus éventuellement l'espace terminal, qui sont susceptibles d'apparaître à ce rang compte tenu des  $r - 1$  précédentes.

On désigne par  $\hat{c}_r$  le nombre moyen de choix possibles au rang  $r$  dans l'échantillon lexical, c'est-à-dire pour toutes les séquences distinctes de  $r - 1$  lettres représentées, dont l'effectif constitue le dénominateur de la moyenne  $\hat{c}_r$ . L'espacement

terminal d'un mot n'est pris en compte qu'une seule fois dans le compte  $c_r$  ou il apparait et le mot est exclu de l'échantillon au rang  $r+1$ .

On peut voir sur la figure B.I l'évolution de  $\hat{c}_r$  ainsi que du  $c_r$  maximum trouvé dans l'échantillon. Les valeurs sont exprimées en logarithmes binaires pour obtenir une échelle graphique convenable.

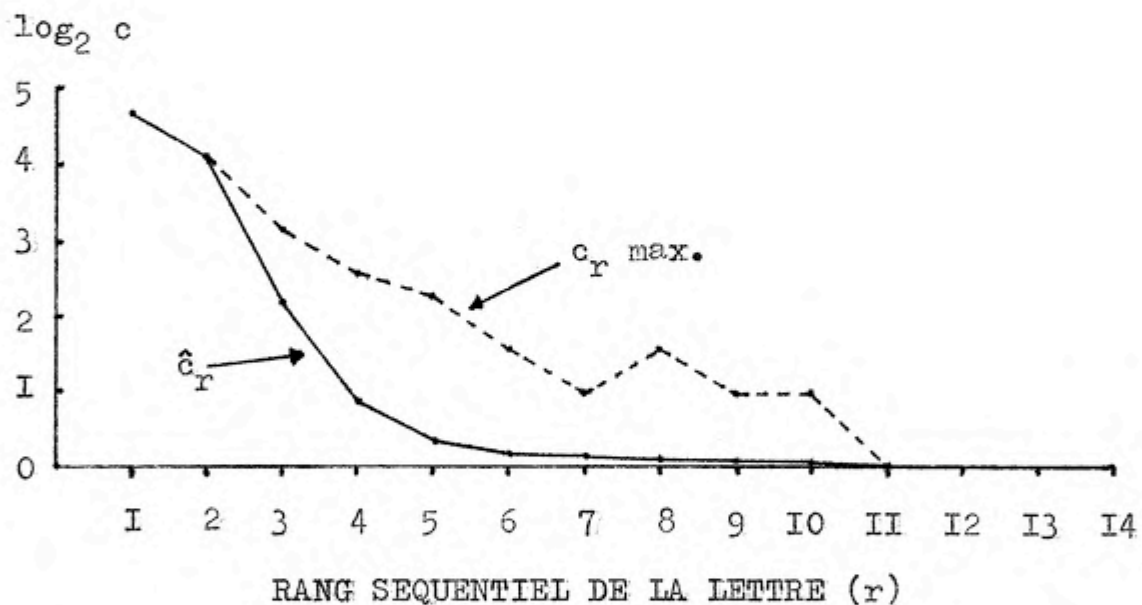


FIGURE B.I : Evolution du nombre moyen de choix possibles ( $\hat{c}_r$ ) et du nombre maximum de choix possibles dans l'échantillon ( $c_r \text{ max.}$ ) pour les lettres en fonction du rang séquentiel.

#### B.2 Séquence initiale utile :

La séquence initiale utile est la séquence des U premières lettres d'un mot telle qu'un mot et un seul débute par cette séquence dans l'échantillon lexical, de sorte que les lettres suivantes sont totalement redondantes (par rapport à l'échantillon limité de 252 mots étudié).



La séquence initiale utile est parfois plus longue d'un caractère que le mot lui même (dont on ne considère que les lettres) dans la mesure où certains mots, particulièrement les plus courts, ne sont déterminés que lorsqu'on prend en compte l'espacement terminal.

Nous avons trouvé une relation linéaire entre la longueur (M) des mots et U. La droite de régression a pour équation :

$$U = .46 M + 1,99$$

et le coefficient de corrélation a pour valeur :

$$r_{252} = .54$$

On peut voir sur la figure B.2 cette relation linéaire, la valeur moyenne de U (points) et la valeur maximum trouvée de U (ronds) en fonction de la longueur des mots. Nous donnons également l'effectif observé pour chaque longueur de mot et valeur de U.

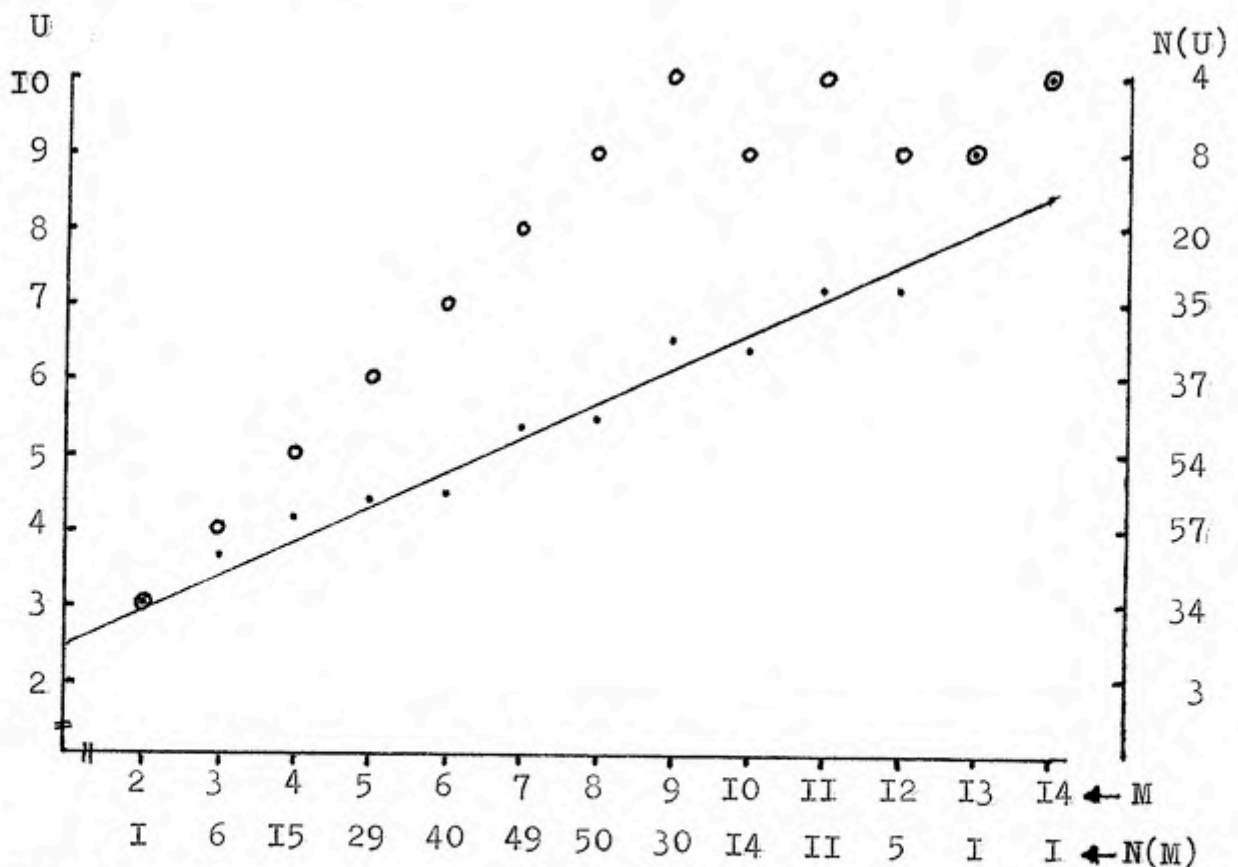


FIGURE B.2 : Variation de U moyen (points) et U maximum observé (ronds) en fonction de la longueur M des mots. N(M) est l'effectif observé pour M dans l'échantillon lexical utilisé, et N(U) pour U.

## 8. PROCESSUS D'ACCES AU LEXIQUE

### 8.1 Présélection et contrôle d'hypothèses lexicales :

La nature des processus d'accès au lexique est un des problèmes les plus controversés dans la littérature expérimentale et théorique, ainsi que nous en aurons une idée lorsque nous examinerons quelques uns des nombreux modèles proposés (§ 9 ). Nous n'examinerons certe pas l'ensemble de ces propositions, ni même l'ensemble de celles qui paraissent défendables au regard des faits expérimentaux (ceci serait beaucoup trop long) , mais il semble toutefois que l'on puisse dégager un certain nombre de principes généraux confirmés par les faits et qui caractérisent des familles de modèles. Parmi ces principes, il en est un qui, en raison de la variété des observations convergentes, a pratiquement acquis valeur d'évidence. Il s'agit de l'idée suivant laquelle l'accès lexical procéderait en deux phases distinctes dont la première conduirait à la présélection d'un sous -ensemble restreint d'éventualités lexicales sur la base d'une analyse partielle du stimulus, et la seconde opèrerait un choix parmi ces éventualités "hypothétiques" en les contrôlant les une après les autres dans un ordre dont tout porte à croire qu'il est fonction de la fréquence d'usage des mots. C'est à l'issue de cette seconde phase que la reconnaissance proprement dite du mot aurait lieu. L'existence d'un tel processus permet de comprendre certains des phénomènes que nous avons déjà évoqués (5.4,6.I), en particulier les manifestations d'une activité diffuse



de l'ensemble des entrées lexicales partiellement compatibles avec la composition du stimulus préalablement à son identification, ainsi que le rôle particulier de la valeur discriminante des composants orthographiques pour les mots les moins fréquents. C'est en effet que ces derniers sont davantage pénalisés par une forte concurrence d'autres éventualités lexicales que les mots les plus fréquents qui sont contrôlés en priorité.

De la même façon, en ce qui concerne l'accès lexical par médiation phonétique, on comprend que les homophones relativement rares soient pénalisés alors que leurs correspondants plus fréquents ne le sont pas ou peu. Le processus a été mis en évidence d'une façon particulièrement claire par Davelaar et al. (1978, exp. 2). Ces auteurs ont présenté pour décision lexicale des mots de façon telle qu'il existait dans la série d'essais des sous-séries de trois items dont le premier pouvait être l'un des deux mots d'une paire d'homophones (non homographes), suivi d'un item "tampon" neutre, puis du second mot de la paire d'homophones. Il existait également diverses situations contrôles utilisant des stimulus non homophones appareillés en fréquence d'usage et en catégorie grammaticale avec les homophones. Les résultats montrent que la reconnaissance de l'homophone le moins fréquent est plus rapide que celle de son contrôle lorsqu'il a été précédé par le plus fréquent de la paire. En revanche, la reconnaissance du plus fréquent des deux homophones est plus lente que celle de son contrôle lorsqu'il a été précédé par le moins fréquent de la paire. L'interprétation fournie par les auteurs peut se résumer ainsi : lorsque le premier des deux



mots homophones est présenté, les deux entrées lexicales homophones sont activées par la forme phonétiquement transcodée du stimulus. S'il s'agit du plus fréquent des deux, sa forme orthographique est contrôlée la première avec succès, la réponse adéquate est fournie et le moins fréquent des deux homophones bénéficie d'une préactivation dont on retrouve les effets résiduels sous forme de facilitation lorsqu'il est présenté deux essais plus loin. Si le premier est le moins fréquent des deux homophones, l'orthographe du plus fréquent est cependant contrôlée en priorité et c'est un échec qui conduit à une inhibition temporaire de l'unité lexicale activée par erreur, phénomène de réaction à l'erreur (diagnostiquée par contrôle) que l'on retrouve par ailleurs dans d'autres situations expérimentales (cf. Neill, 1977). Ceci explique l'effet d'inhibition observé sur l'homophone le plus fréquent lorsqu'il est effectivement présenté deux essais plus loin. Constatons qu'il est difficile de fournir une interprétation plus cohérente que celle-ci.

On peut également montrer l'existence de processus de présélection et de contrôle séquentiel des hypothèses lexicales dans des cas où le codage phonétique n'est pas en cause. Certaines des démonstrations les plus élégantes utilisent les phénomènes de "priming" sémantique dégagés par Meyer et Schvaneveldt (1971). Ces phénomènes se caractérisent par le fait que l'identification d'un mot est plus rapide que la normale lorsqu'il est précédé par un autre mot possédant certaines relations de signification avec lui (ex: CHAUD et FROID). Ceci suggère que la structure du lexique est telle qu'une unité lexicale activée transmet dans

une certaine mesure son activation à ses "voisins" sémantiques. Becker et Killion (1977) ont montré que le temps d'identification d'un mot est très peu dépendant de l'intensité visuelle du stimulus lorsque celui-ci est précédé d'un "prime" sémantique alors que l'effet d'intensité visuelle <sup>est</sup> nettement plus important lorsque le mot à identifier est précédé d'un mot quelconque. D'autre part, l'effet de l'intensité visuelle du stimulus et celui de la fréquence d'usage des mots sont additifs. Enfin, Becker (1979) trouve que le priming sémantique facilite davantage l'identification des mots peu fréquents que celle des mots fréquents. Tout semble donc se passer comme si le priming sémantique présélectionnait les éventualités lexicales, tout comme le ferait l'information perceptive, ce qui expliquerait l'interaction observée avec l'intensité visuelle du stimulus, laquelle interviendrait tout-à-la-fois sur le temps d'activation et sur le temps de vérification dans le cas où il n'y a pas de prime, mais seulement sur le temps de vérification lorsque le prime a préalablement activé l'unité lexicale adéquate. Becker suppose en fait que le processus de vérification est très peu sensible à l'intensité du stimulus (dans les plages d'intensité utilisées). L'additivité des effets de l'intensité du stimulus et de la fréquence d'usage confirme que cette dernière n'intervient que postérieurement à l'activation des entrées lexicales, contrairement à l'effet du prime sémantique. Enfin l'interaction entre le priming sémantique et la fréquence d'usage des mots s'interprète selon Becker de la façon suivante : lorsque le mot test est présélectionné par l'effet d'un prime



sémantique, il est un des premiers à se trouver dans la "liste" d'hypothèses à comparer au stimulus et les mots concurrents subséquentement activés par la forme perceptive du stimulus test se trouvent en fait après lui dans la "cohorte" des mots candidats à la reconnaissance, ce qui suppose en outre que l'ordre de comparaison des hypothèses au stimulus dépend de l'ordre de leur présélection lorsqu'il y en a un et, en fait, Becker pense que le processus de comparaison séquentielle débute dès l'apparition du stimulus lorsqu'il y a déjà des hypothèses lexicales présélectionnées. Dans ces conditions, un mot fréquent bénéficiera relativement moins de l'effet de prime du fait qu'il aurait de toute façon été l'un des premiers items dans la liste des candidats, alors qu'un mot rare bénéficiera davantage de l'effet de prime dans la mesure où sans lui, il aurait été un des derniers de la liste, d'où l'interaction observée. Si ces interprétations sont correctes, il est bien d'autres phénomènes que l'on peut prévoir. Par exemple, le degré de sélectivité d'un prime devrait avoir une incidence importante sur la durée moyenne du processus de comparaison séquentielle dans la mesure où plus un prime est sélectif, moins le nombre d'éventualités à contrôler est grand. Il s'ensuit qu'un prime très sélectif devrait accélérer notablement l'identification d'un mot sémantiquement relié et retarder modérément celle d'un mot quelconque non activé par ce prime dans la mesure où la liste des mots primés est vite épuisée. Inversement, un prime relativement peu sélectif va activer une "cohorte" assez importante de mots et il en résultera en moyenne un effet



facilitateur relativement modéré pour les éléments de cette cohorte, alors qu'un mot étranger à la cohorte devra attendre son tour de comparaison d'autant plus longtemps qu'il y a de mots primés dans la liste d'attente. C'est là effectivement ce que trouve Becker (1980) en étudiant le temps de décision lexicale sur des mots précédés soit d'un prime sémantique, soit d'une série d'Xs (neutre), soit d'un mot sans relation sémantique avec le mot test, et suivant que les mots primes ou sans relation utilisés dans l'expérience donnent lieu à des associations sémantiques très spécifiques (antonymes) ou peu spécifiques (catégories sémantiques). On aura par exemple pour les associations spécifiques les trois cas de figures : UP - DOWN , XXXXX - DOWN et enfin HOT - DOWN. De même pour les associations peu spécifiques :

BIRD - CROW , XXXXX - CROW et enfin CLOTHING - CROW.

Les résultats montrent alors, conformément aux attentes, un fort effet de priming dans le cas d'associations spécifiques et un fort effet de "retard" pour les mots sans relations dans le cas où l'on utilise des catégories sémantiques larges (fig.27).

Dans l'ensemble donc, les conclusions semblent assez claires et l'on peut admettre qu'il existe effectivement une phase de présélection des éventualités lexicales où plusieurs unités peuvent se trouver activées simultanément, soit par les afférences perceptives, soit par des afférences sémantiques intra-lexicales, et que ces éventualités concurrentes sont départagées au cours d'un processus analogue à une comparaison séquentielle au stimulus, ou à une forme dérivée de celui-ci, dont l'ordre est déterminé par la fréquence d'usage des éventualités lexicales.

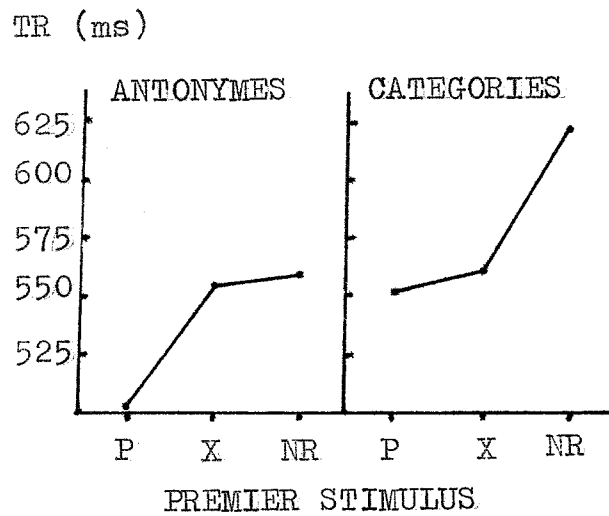


FIGURE 27 : Temps de décision lexicale pour des mots précédés d'un prime sémantique (P), d'une suite d'Xs (X) ou d'un mot sans relation sémantique avec le mot test (NR), et suivant que dans l'expérience, le premier mot engendre des associations sémantiques très spécifiques (Antonymes, Exp. 1) ou peu spécifiques (Catégories, Exp. 2) .

(D'après Becker, 1980 )

## 8.2 Problèmes d'interactivité :

L'idée d'interactivité des processus de traitement des messages linguistiques renvoie à des classes de phénomènes laissant supposer que l'intégration d'unités perceptives ou linguistiques d'un certain niveau (en pratique d'une certaine "taille") rétroagit sur l'analyse d'unités de niveau inférieur. L'idée est en première approximation assez voisine de celle d'un contrôle d'hypothèses évoquée au paragraphe précédent et tout comme elle, elle suppose une certaine circularité des processus de traitement et des échanges d'informations entre niveaux. Seulement la notion de "contrôle" ou de "comparaison" cède ici la place à celle de "combinaison" ou "d'addition" des formes hypothétiques aux formes perceptives actuelles, de sorte qu'un système interactif est potentiellement générateur de certains types "d'hallucinations" dans la mesure où il mélange les informations externes avec les informations issues de ses propres suppositions. La contrepartie positive d'un tel processus est que les prévisions que le système est en mesure d'engendrer à un certain niveau d'intégration permettent en principe de réduire ou de corriger les insuffisances éventuelles de l'analyse aux niveaux inférieurs, et la quantité d'informations perceptives requise est d'autant plus minime que le stimulus est plus prévisible. C'est là du reste une propriété que peuvent aussi posséder dans une certaine mesure les systèmes de comparaison à condition que les critères de validité d'une comparaison soient assez larges, ce qui entraîne une moindre fiabilité du contrôle.



Une autre particularité supposée des systèmes interactifs est que les actions et rétroactions, autrement dit les signaux "montants" des niveaux d'intégration les plus bas vers les plus hauts et les signaux "descendants" en sens inverse, n'interviennent pas en ordre séquentiel, contrairement aux signaux de comparaison qui sont contrôlés les uns après les autres. En fait, alors que la comparaison mettrait en jeu l'action d'une sorte de "processeur" séquentiel à capacité limitée, l'interaction serait caractérisée par l'usage de "réseaux" de connexions "cablés" autorisant la transmission simultanée d'un grand nombre de signaux, de sorte que plusieurs hypothèses présélectionnées pourraient rétroagir simultanément sur le traitement du stimulus. De plus, dans un processus interactif, présélection des hypothèses et rétroaction s'enchainent de façon totalement cyclique et continue, de sorte qu'on ne peut pas à proprement parler distinguer des phases dans le processus, mais seulement une évolution progressive de l'état du système et des hypothèses. En fait, il n'y a, a priori, aucune espèce d'incompatibilité entre l'existence de processus de vérification séquentiels et l'existence éventuelle de processus interactifs dans la mesure où ces derniers semblent posséder toutes les caractéristiques requises pour être spécifiquement associés à une phase de présélection des éventualités possibles. En particulier, ce sont des processus du type détection "en parallèle" qui combinent et recombinent cycliquement une masse éventuellement importante d'informations diverses, réalisant ainsi un filtrage récursif de ces informations.

On peut étudier l'interactivité des processus à différents niveaux d'intégration du stimulus et nous avons en particulier déjà envisagé l'éventualité d'une rétroaction de l'activité lexicale sur les processus de codage phonétique de la forme orthographique du stimulus (§ 6.1). On peut aussi imaginer l'existence d'une rétroaction du lexique sur l'analyse des composants orthographiques du stimulus, hypothèse qui a été développée de façon particulièrement détaillée par McClelland et Rumelhart (1981) et Rumelhart et McClelland (1982) dans le cadre de leur modèle "d'activation interactive" hiérarchique dont nous donnerons une description en 9.5.1. Les auteurs montrent qu'un tel système est capable d'engendrer de façon très conforme aux observations, des phénomènes aussi énigmatiques que l'effet de supériorité perceptive des mots sur les non-mots, pseudo-mots et lettres isolées dans les conditions où il se manifeste, de même que l'effet de supériorité perceptive des suites de lettres non lexicales mais régulières sur les suites de lettres aléatoires, et il est très remarquable que ces phénomènes puissent être obtenus sans l'usage de la moindre règle orthographique abstraite dans le fonctionnement du système, le "feed-back" lexical sur l'étape de reconnaissance des lettres étant entièrement responsable des effets constatés par simulation informatique (et dans les données expérimentales réelles). De plus, les auteurs dégagent un nouveau phénomène tout-à-fait singulier que montrent à la fois les données expérimentales et les simulations informatiques de leur système interactif. Il s'agit de la supériorité perceptive de suites de consonnes, totalement irrégulières dans



la mesure où elles ne sont pas prononçables, mais dont la composition est partiellement compatible avec certains mots du lexique (ex : SPCT est partiellement compatible avec SPAT, SPIT et SPOT en anglais), supériorité qui se manifeste par rapport à des suites de consonnes quelconques (ex: XPQJ). D'autre part les suites du type SPCT donnent des performances perceptives équivalentes à celles de pseudo-mots prononçables et également compatibles avec des mots du lexique comme SPET (fig. 28). Précisons que les performances perceptives sont évaluées par la technique de Reicher, la lettre test étant toujours l'une de celles qui sont compatibles avec les mots sources du feed-back lexical (ex: -P-- dans les exemples précédents).

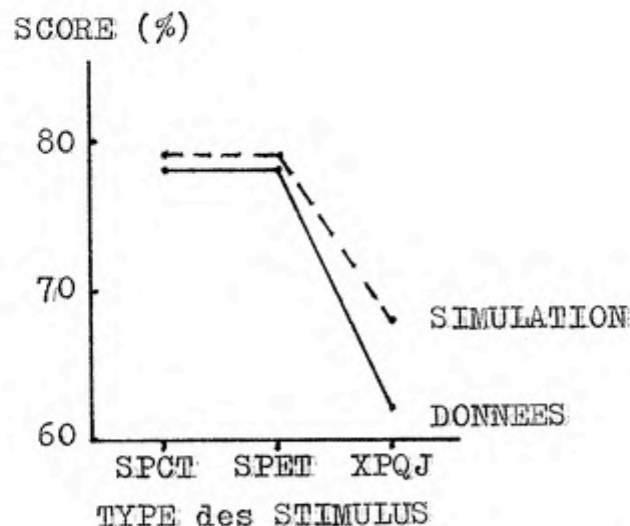


FIGURE 28 : Pourcentage de choix forcés corrects en données simulées et réelles par la technique de Reicher suivant le type de suite de lettres stimulus (voir texte).

(D'après Rumelhart et McClelland, 1982, P. 85)



Il existe d'autre part des observations suggérant que le feed-back lexical sur les lettres ne relève effectivement pas du processus de contrôle séquentiel des hypothèses ordonnées par leur fréquence d'usage. C'est ainsi par exemple que Unamsky et Chambers (1980) ont montré, dans une tâche de comparaison de deux stimulus, que deux mots sont comparés d'autant plus vite qu'ils sont plus fréquents dans la langue. Cependant, si le sujet a pour tâche de ne comparer que les lettres initiales des deux mots stimulus, alors on ne trouve pas d'effet de la fréquence d'usage des mots. Sachant d'autre part que, dans des conditions analogues, les premières lettres de deux mots sont comparées plus vite que les premières lettres de deux pseudo-mots (cf. Barron & Henderson, 1977), on peut supposer que le feed-back lexical intervient sur le traitement des lettres d'un mot indépendamment de sa fréquence d'usage et donc vraisemblablement indépendamment des procédures de contrôle séquentiel mises en jeu dans la phase finale du processus de reconnaissance des mots eux-mêmes.

Cependant, on aura sans doute remarqué que l'existence de manifestations d'un feed-back lexical dans des conditions où la position de la lettre cible est connue du sujet a priori pour les tâches de comparaison tend à contredire les observations obtenues à l'aide de la technique de Reicher par Johnston (1981) et que nous avons évoquées p. 115-116. Il est donc probable qu'il existe quelque variable critique méconnue responsable de ces variations apparentes dans le fonctionnement de la perception,

variable qui est peut-être liée à un contrôle stratégique de l'action du lexique sur la perception des lettres, ainsi du reste que le laissent supposer les résultats de Holender (1979) et de Johnston (1981) si l'on admet que c'est bien le feed-back lexical qui est responsable de la supériorité perceptive des lettres composant un mot. Il est alors possible que les caractéristiques propres des différentes situations expérimentales tendent à induire chez le sujet l'usage de stratégies lexicales ou non lexicales suivant les cas, ce qui ne remet pas fondamentalement en cause l'existence de structures interactives mais seulement le caractère automatique de leur usage.

### 8.3 Le rôle du contexte linguistique :

Certains auteurs ont émis l'hypothèse que les processus d'intégration des énoncés dans lesquels se trouvent insérés les mots pourraient interagir avec l'analyse perceptive du stimulus, particulièrement au niveau de l'accès lexical. Autrement dit, l'information contextuelle disponible interviendrait dans le processus de sélection des hypothèses lexicales au cours de l'analyse du mot à identifier. Cette position a été défendue en particulier par Marslen-Wilson et Welsh (1978) pour la perception du langage oral, par Morton (1969, 1980) pour la perception des mots en général et a fait l'objet d'un certain nombre d'études expérimentales en lecture. Par exemple West et Stanovich (1978) et Stanovich et West (1979) montrent que la latence de la prononciation d'un mot est plus courte lorsqu'on présente avant le mot stimulus le début d'une phrase constituant un contexte congru pour ce mot plutôt que lorsqu'on présente seulement un article ou le début d'une phrase constituant un contexte non congru pour le mot stimulus. Dans ce dernier cas, on observe même un allongement du temps de réaction verbale par rapport au cas où le contexte est un simple article, mais cet effet ne se manifeste de façon significative que lorsque le délai séparant la fin de la lecture du contexte de la présentation du mot test est assez long (de l'ordre de 750 ms). Il ne fait donc pas de doute que le contexte linguistique intervient d'une façon ou d'une autre dans le processus qui conduit à une réponse d'identification du mot. Est-ce à dire que l'information



contextuelle intervient directement dans le processus de présélection des hypothèses lexicales ? On serait tenté de répondre positivement si les effets de contextualisation interagissaient avec des facteurs proprement perceptifs tels que la qualité visuelle du stimulus, ce qui indiquerait l'existence d'effets de compensation entre les deux types d'informations, par un raisonnement analogue à celui qui permet d'interpréter l'interaction du priming sémantique avec la qualité visuelle du signal (voir § 8.1 p.133). Stanovich et West (1979) trouvent effectivement une interaction telle que l'effet d'une dégradation de la qualité visuelle du signal est moindre lorsque le stimulus est précédé d'un contexte congru plutôt que d'un simple article et moindre dans ce dernier cas plutôt que lorsque le stimulus est précédé d'un contexte non congru avec le mot stimulus. Mais il se trouve que cette interaction n'apparaît de façon significative que lorsque le délai séparant la fin de la lecture du contexte de celle du mot stimulus est très long (3 secondes), et n'est qu'à l'état de tendance pour des délais plus courts (150 ou 750 ms), ce qui laisse planer un doute sur le rôle effectif du phénomène dans la lecture courante.

L'autre possibilité est que l'information contextuelle intervienne postérieurement à la phase de présélection des hypothèses lexicales, dans des conditions normales d'enchaînement chronologique des mots, et effectue en quelque sorte un tri *a posteriori* parmi ces hypothèses, par ailleurs émises sur la seule base d'une analyse perceptive partielle ou complète du stimulus.

Cette interprétation des effets de contexte est fortement suggérée par des résultats récents obtenus par Pynte et al. (1982). Les auteurs ont utilisé un phénomène initialement mis en évidence par Rubenstein et al. (1970) et par Jastrzembski (1981) qui consiste en ceci que les mots fortement polysémiques donnent lieu à des réponses plus rapides que les mots peu ou pas polysémiques lorsqu'on les présente pour décision lexicale. Pynte et al. (1982) retrouvent ce phénomène en présentant des mots isolés pour décision lexicale, mais ils utilisent également une technique où des mots sont présentés en séquence de façon à former des phrases, le sujet fournissant une réponse sur chaque mot (en réalité sur l'unique mot "plein" de chaque segment de phrase). Lorsque la réponse à fournir est une décision lexicale, on trouve toujours des temps plus courts sur les mots polysémiques que sur les mots non polysémiques, mais en revanche le temps de réponse au mot suivant dans la phrase est pénalisé par la polysémie de son prédécesseur. Si la réponse à fournir est un jugement de congruence sémantique par rapport au début de la phrase, alors les mots polysémiques aussi bien que leurs successeurs dans la phrase donnent lieu à des temps de réponse plus longs, bien que les débuts de phrases soient de nature à lever l'ambiguïté sur le sens qu'il convient d'attribuer aux mots polysémiques subséquents (lorsque le stimulus est congru). Il est donc manifeste que le contexte ne réduit pas a priori l'ambiguïté du stimulus du point de vue sémantique, ce qui suggère qu'il n'y a pas de présélection des sens possibles, ni donc, a fortiori, des items lexicaux possibles, par le contexte.



## 9. MODELES THEORIQUES

### 9.I Traitement des formes :

#### 9.I.I Prétraitement de l'image :

Nous avons vu au chapitre I comment le système visuel pourrait extraire de l'image stimulus des unités géométriques très simples telles que des lignes de contraste ou des barres d'orientation et de position à peu près déterminées dans le champ visuel, ou même des unités un peu plus complexes telles que des angles ou des arcs de cercles par exemple, les analyseurs géométriques étant vraisemblablement organisés en un système de détecteurs hiérarchisés réalisant une intégration progressive du signal. Le principe de détection est directement dérivé des fonctions intégratives du neurone et consiste à sommer les signaux afférents après leur avoir appliqué des pondérations permettant de "contraster" ces signaux en fonction de leur provenance et donc de détecter les contours d'une forme simple de caractéristiques géométriques déterminées dans une certaine zone du champ visuel, ce qui définit le "champ récepteur" d'un détecteur visuel. Peut-on alors supposer qu'il existe, suivant le même principe, des détecteurs visuels de formes complexes telles que des mots? Ceci est peu vraisemblable, non pas tellement en raison de la complexité de la forme par elle-même, mais en raison du fait qu'un mot ne possède pas de caractérisation géométrique invariante. Il faudrait en effet supposer qu'il existe pour chaque mot



autant de détecteurs visuels que le mot peut **avoir** de formes graphiques et de positions dans le champ visuel. Compte tenu du nombre de mots que compte le lexique de la langue et de la variabilité des graphismes, cela ferait beaucoup de détecteurs. De plus, ainsi que nous l'avons vu, les données expérimentales n'incitent guère à considérer le mot comme une unité visuelle. On peut ajouter à la liste des résultats cités, une démonstration expérimentale tout-à-fait claire du caractère totalement abstrait, c'est-à-dire non visuel, des codes graphémiques qui activent le lexique mental, cette démonstration, que nous ne détaillerons pas ici, étant due à Evett et Humphreys (1981).

Considérant donc comme admis que les unités critiques de reconnaissance sont les lettres et éventuellement les patterns d'épél-lation (voir chapitre 5), nous nous trouvons devant le problème suivant : comment les formes visuelles correspondant à ces unités sont-elles extraites du signal et catégorisées ?

La première des choses qu'il convient sans doute de préciser est qu'à l'heure actuelle **on en est réduit à de pures con-jec-tures en ce qui concerne les processus d'extraction des unités de codage à partir d'un système de traits visuels élémentaires.** Une première possibilité est que le processus d'intégration hiérarchique des unités visuelles se poursuive jusqu'à la détec-tion des unités critiques de la même façon que pour les unités plus élémentaires. Autrement dit, il existerait des détecteurs de caractères intégrant les signaux de sortie des détecteurs de traits simples, et c'est là une hypothèse fréquemment retenue dans la littérature (cf. Johnston & McClelland, 1980 ; McClelland & Rumelhart, 1981).

L'inconvénient de cette hypothèse est qu'elle nécessite pratiquement un détecteur différent par variante géométrique d'un même caractère à une localisation donnée, c'est-à-dire suivant que le caractère est plus ou moins gros, qu'il est plus ou moins droit ou penché (italique), que le graphisme est plus ou moins curviligne ou rectiligne etc. Une solution éventuelle consisterait à appliquer au système de traits visuels une procédure de normalisation du graphisme préalablement à la détection des caractères. Une telle procédure nécessite en principe que soit effectuée une analyse de type statistique des propriétés géométriques générales de l'image (fréquence et fréquence spatiale des différentes unités géométriques simples, orientations etc.), ce qui permet de déterminer des facteurs de correction (échelles, rotations etc.) qui sont appliqués au système de traits visuels en une transformation géométrique qui ramène en moyenne les différents composants de l'image à une certaine "norme" idéale. Dans ces conditions, l'espace de description de la forme est distinct de l'espace visuel. Cependant, la normalisation ne permet pas nécessairement de réduire tous les types de variations des graphismes et elle n'est de plus possible que de façon statistique et à condition que le graphisme soit suffisamment homogène dans ses propriétés géométriques.

Une autre solution éventuelle consisterait à introduire des analyseurs de propriétés géométriques "relationnelles" opérant sur la sortie des détecteurs de traits visuels élémentaires. On trouve cette idée par exemple dans Oden (1979) avec des



analyseurs de perpendicularité, de parallélisme ou de relations de longueur entre des traits. On peut en fait imaginer de nombreux types de propriétés relationnelles analysables entre des traits rectilignes ou non, l'avantage particulier étant que l'on peut aboutir à une description de la forme entièrement fondée sur les relations structurales internes et non sur les particularités des traits individuels, de sorte que de nombreux problèmes liés aux fluctuations géométriques du graphisme se trouvent éliminés. On peut également faire appel à des analyseurs de propriétés géométriques générales non nécessairement relationnelles (convexité, rectitude etc. ) qui caractérisent des familles de traits élémentaires aussi bien que des **systèmes** de traits relationnels (ex : le caractère O peut prendre la forme d'un cercle, d'une ellipse ou même d'un carré dans les polices de caractères "vidéos", mais dans tous les cas il est défini par sa convexité, sa symétrie et sa fermeture). On peut donc imaginer des descriptions géométriques du signal qui soient relativement abstraites et éliminent en partie ou en totalité (dans un cas idéal) les aspects non pertinents de la forme visuelle.

D'autre part, la forme stimulus n'est pas nécessairement parfaite, même en ce qui concerne les seules caractéristiques pertinentes, particulièrement si l'on considère les écritures manuscrites. La solution à ce problème est semble-t-il l'usage d'une réponse graduable des analyseurs géométriques, c'est-à-dire qu'un analyseur répond plus ou moins intensément (ou longuement) suivant que la caractéristique géométrique évaluée est plus ou moins présente dans le signal stimulus (cf. Oden, 1979).



De fait, Hubel et Wiesel (voir § I.4.2) trouvent que les analyseurs géométriques simples du **cortex** visuel du singe peuvent fournir une réponse plus ou moins atténuée lorsque l'orientation du stimulus s'écarte d'une dizaine ou parfois d'une vingtaine de degrés de l'orientation optimalement détectée par l'analyseur considéré.

Il est probable qu'il s'agit là d'une propriété générale des analyseurs géométriques ainsi qu'en témoignent les variations continues des effets de masquage séquentiel en fonction du **degré** de similitude des éléments masquants et masqués (cf. Mayzner & Tresselt, 1969 et § 4.4 p. 54-55).

Dans ce cas, l'évaluation des caractéristiques géométriques du **signal** est de type "flou" suivant les termes de Oden (1979) et le processus de reconnaissance des formes opère par un calcul de vraisemblance relative des éventualités possibles en fonction du degré de vraisemblance de leurs composantes géométriques respectives.

D'un point de vue strictement formel, on a coutume d'appeler "Vecteur Forme" un N-uplet de paramètres descriptifs de la forme à identifier, chacun de ces paramètres codant quantitativement une certaine caractéristique géométrique extraite du signal.

### 9.1.2 Analyse discriminante et classificateurs linéaires :

Les classificateurs linéaires ont été parmi les premiers dispositifs expérimentaux utilisés en reconnaissance automatique des formes et en simulation du fonctionnement de la perception visuelle, en particulier sous la forme du "perceptron" de F. Rosenblatt (1962) à propos duquel on pourra aussi consulter utilement Minsky et Papert (1969) et Guibert (1979) .

Un classificateur linéaire se présente comme un système ou réseau comprenant éventuellement plusieurs couches d'Unités Logiques à Seuil (ULS) dont le fonctionnement est inspiré de celui des neurones. Le système a pour fonction de discriminer et de classer dans des catégories déterminées différents vecteurs formes, et il possède en outre le considérable avantage d'être muni de procédures d'apprentissage automatique définies dont on peut démontrer la convergence vers la solution du problème. Toutefois, en pratique, la solution ne peut généralement être atteinte qu'au prix d'un temps et d'une précision des calculs difficilement compatibles avec les possibilités des machines artificielles (cf. Minsky & Papert, 1969).

La brique de construction d'un classificateur linéaire est l'ULS qui est équivalente à un système de deux unités de sommation pondérée à seuil (USPS) antagonistes l'une de l'autre. Une ULS donnée réalise un classement dichotomique du vecteur forme qui lui est appliqué en entrée suivant la procédure que nous décrivons maintenant.



Soit un vecteur forme à n composantes (+ 1) :

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n, 1)$$

Et soit une ULS dont la fonction est de classer les vecteurs formes dans l'une ou l'autre des deux catégories  $C_1$  et  $C_2$ .

L'ULS calcule pour chacune des deux catégories la valeur d'une fonction discriminante linéaire du type :

$$g_i(X) = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n + w_{n+1}$$

qui est le produit scalaire du vecteur forme X et d'un vecteur de pondération (vecteur "poids") :

$$W_i = (w_1, w_2, \dots, w_n, w_{n+1})$$

associé à la classe  $C_i$ .

L'ULS calcule ensuite la valeur :

$$g(X) = g_1(X) - g_2(X)$$

et compare cette valeur à un seuil S avec la décision :

X appartient à  $C_1$  si  $g(X) \geq S$

X appartient à  $C_2$  si  $g(X) \leq -S$

X n'est pas classé si  $-S < g(X) < S$

Lorsque la classification des formes peut se faire par dichotomie successive (classification en "arbre binaire"), il faut  $\log_2 m$  ULS pour discriminer m classes terminales, ce qui est le meilleur des cas. Lorsque les catégories ne peuvent être discriminées que deux à deux, il faut utiliser  $m(m-1)/2$  ULS. Lorsque des classes ne sont pas linéairement séparables dans l'espace de description des formes, l'association de plusieurs

couches d'ULS opérant en série peut les rendre linéairement séparables, solution qui peut être préférée à l'utilisation de fonctions discriminantes non linéaires plus complexes en reconnaissance automatique des formes (quant à la perception, il est bien difficile de dire ce que pourraient être ses préférences !).

Lorsque les classes sont linéairement séparables on peut utiliser des procédures d'apprentissage très simples telles que la suivante.

Soient  $r$  classes à discriminer ( $C_1, C_2, \dots, C_r$ ) et  $r$  sous-ensembles d'apprentissage ( $E_1, E_2, \dots, E_r$ ), chacun de ces sous-ensembles étant un échantillon de  $k$  vecteurs formes différents appartenant à une même classe. On part de  $r$  vecteurs poids arbitraires ( $W_1, W_2, \dots, W_r$ ) que l'on associe aux différentes classes. Le problème est de modifier ces vecteurs poids de façon à ce qu'ils conduisent à des classements corrects des vecteurs formes. On utilise pour cela les formes d'apprentissage et l'on teste systématiquement les classements opérés par le système. Supposons qu'un vecteur forme  $X$  appartenant au sous-ensemble d'apprentissage  $E_i$  donne deux valeurs de fonctions discriminantes pour les classes  $C_i$  et  $C_j$  de sorte que l'on a  $W_i X < W_j X$ , ce qui entraîne un classement incorrect de  $X$ . La procédure consiste alors à modifier les deux vecteurs poids en prenant :

$$W'_i = W_i + cX \quad \text{et} \quad W'_j = W_j - cX \quad / \quad \text{avec} \quad c > 0 \quad .$$

L'opération est répétée chaque fois que c'est nécessaire pour toutes les formes d'apprentissage et toutes les classes, le



cycle étant parcouru autant de fois qu'il le faut pour aboutir à un classement correct de toutes les formes. On peut alors démontrer que si les classes sont linéairement séparables, le processus converge vers la solution en un nombre fini de cycles.

Lorsque des classes ne sont pas linéairement séparables, c'est à dire qu'il n'existe pas pour deux classes données une surface séparatrice de degré 1 et d'équation  $g(X) = 0$  dans l'espace des paramètres descriptifs des formes, le problème est sensiblement plus complexe. Toutefois la solution peut souvent être obtenue en utilisant plusieurs couches d'ULS, le vecteur forme étant appliqué en entrée de toutes les ULS de la première couche dont les sorties attaquent les ULS de la couche suivante et ainsi de suite jusqu'à la dernière couche qui peut alors séparer linéairement les classes de formes prétraitées de la sorte.

Une autre solution, voisine de celle des machines multicouches, réside dans l'utilisation de machines à décision majoritaire, c'est-à-dire que l'on peut trouver une "assemblée" d'ULS telle que la majorité des ULS répondent positivement lorsqu'un vecteur forme qu'on leur applique appartient à la classe  $C_i$  et négativement s'il appartient à la classe  $C_j$ , une ULS supplémentaire tirant les conséquences de l'ensemble des suffrages.

Les systèmes du type "perceptron" n'épuisent naturellement pas l'arsenal des méthodes linéaires de classification des formes et l'on peut par exemple utiliser des méthodes factorielles telles que l'analyse en composantes principales classique ou des méthodes dérivées, mais ces dernières n'ont pas, à notre connaissance, été explicitement associées à la perception.

## 9.2 Modèles holographiques :

Les modèles holographiques représentent une variété de conceptions du stockage des informations et de l'accès en mémoire qui se caractérisent par l'idée suivant laquelle les unités de codage ne seraient pas représentées individuellement en des "lieux" déterminés du système, mais seraient décomposées en une suite de traits ou d'attributs constituant quelque chose d'assez analogue à un "vecteur forme" au sens des paragraphes précédents, ou encore à un vecteur "code" plus abstrait, suivant le type d'information représentée. Ces "vecteurs items" pourraient être simplement additionnés, après avoir été éventuellement pondérés ou combinés entre eux, à un vecteur "mémoire" unique qui représenterait de ce fait une trace composite de l'ensemble des informations stockées sous forme de "mémoire distribuée".

Il existe en fait dans la littérature une certaine diversité de modèles holographiques, reflétant la variété des domaines d'application (cf. Cavanagh, 1976; Anderson, 1977; Metcalfe & Murdock, 1981; Murdock, 1982; Eich, 1982). Nous ne les passerons pas systématiquement en revue, d'autant que dans le détail, ces modèles ne sont pas forcément adaptés à notre problématique. Nous tenterons plutôt d'extraire de l'ensemble un certain nombre de principes généraux, parmi les plus récents mis en oeuvre, qui nous semblent de nature à apporter un certain éclairage "holographique" aux problèmes de codage et d'accès au lexique. En ce qui concerne les aspects proprement mathématiques, on pourra consulter utilement Stroke (1969), Borsellino & Poggio (1973) et Bracewell (1978) par exemple.



Les vecteurs :

. Les "vecteurs items" sont des vecteurs à  $n$  composantes significatives représentant numériquement les attributs de l'item. Ces composantes sont indexées de  $-(n-1)/2$  à  $(n-1)/2$ ,  $n$  étant impair, et la composante centrale du vecteur a l'indice 0.

Le vecteur peut en outre être complété par un nombre arbitraire de composantes nulles à gauche et à droite.

Soit  $F$  un vecteur item quelconque :

$$F = (...0, f(-(n-1)/2), ..., f(-1), f(0), f(1), ..., f((n-1)/2), 0...)$$

Par commodité, on peut considérer les composantes des vecteurs items comme des valeurs indépendantes d'une variable aléatoire normale de loi  $\mathcal{N}(0, \sqrt{1/n})$ , le produit scalaire du vecteur par lui-même ( $F^2$ ) étant égal à 1. En pratique, ceci peut s'obtenir lorsque, disposant d'un vecteur  $X$  quelconque dont les composantes sont des valeurs indépendantes du variable aléatoire normale de loi  $\mathcal{N}(\mu, \sigma)$ , on calcule chaque composante du vecteur  $F$  en transformant chaque composante correspondante du vecteur  $X$  en:

$$f(i) = (x(i) - \bar{x}_X) / (\sqrt{\sum_n (x(j) - \bar{x}_X)^2})$$

où  $\bar{x}_X$  est la valeur moyenne des composantes du vecteur  $X$ .

. Les vecteurs engendrés par convolution ou par corrélation d'autres vecteurs, ainsi que le "vecteur mémoire"  $M$  sont des vecteurs à  $2n-1$  composantes indexées de  $-(n-1)$  à  $(n-1)$ .

$$M = (m(-(n-1)), ..., m(-1), m(0), m(1), ..., m(n-1))$$

Opérations usuelles :

. La somme de deux vecteurs F et G ayant chacun  $2X+1$  composantes indexées de  $-X$  à  $X$  avec une composante médiane indexée 0 est :

$$F + G = (f(-X)+g(-X), \dots, f(0)+g(0), \dots, f(X)+g(X))$$

. Le produit scalaire de F et G est un nombre tel que :

$$F \cdot G = \sum_{x=-X}^X f(x)g(x)$$

. La convolution de deux vecteurs F et G ayant chacun n composantes indexées de  $-(n-1)/2$  à  $(n-1)/2$  est un vecteur à  $2n-1$  composantes indexées de  $-(n-1)$  à  $(n-1)$  dont la composante d'indice x a pour valeur :

$$(F * G)(x) = \sum_{i=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} f(i)g(x-i)$$

. La corrélation de F et G est un vecteur à  $2n-1$  composantes indexées de  $-(n-1)$  à  $(n-1)$  dont la composante d'indice x est :

$$(F * G)(x) = \sum_{i=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} f(i)g(x+i)$$

En pratique, le vecteur résultant de la corrélation est parfois "tronqué" et réduit à ses n composantes significatives centrales (cf. Eich, 1982). A noter que le terme "corrélation" n'a pas ici tout-à-fait le même sens qu'en statistique, la corrélation statistique étant plus directement liée au produit scalaire. Toutefois, la composante médiane du vecteur est précisément égale au produit scalaire, ce qu'on vérifie immédiatement en prenant  $x=0$  dans l'expression ci-dessus.

D'une façon générale, et pour autant que nous ayons pu en juger dans les publications auxquelles nous nous référons, les compo-



santes manquant éventuellement à un vecteur pour un calcul sont supposées nulles, et les composantes excédentaires éventuelles après un calcul sont également supposées nulles ou sans signification.

Propriétés utiles :

. La relation générale entre la convolution et la corrélation est :

$$H \# (F \# G) = (H \# F) \# G + (H \# G) \# F + \text{bruit}$$

. La corrélation est distributive par rapport à l'addition :

$$F \# (G + H) = (F \# G) + (F \# H)$$

. Il existe pour la convolution un élément unité qui est un vecteur noté  $\delta$  dont toutes les composantes sont nulles sauf la composante médiane qui est égale à 1. Il existe également un élément nul noté 0 qui est un vecteur dont toutes les composantes sont nulles.

$$\delta \# F = F \quad \text{et} \quad 0 \# F = 0$$

. Le produit scalaire de deux vecteurs F et G est considéré comme une mesure de leur "similitude" et l'on a en particulier:

$$F \cdot F = I \quad \text{et} \quad 0 \leq |F \cdot G| \leq I$$

sous les conditions retenues p. 156.

. Sous ces mêmes conditions, on a statistiquement (en valeur espérée) :

$$F \# F \simeq \delta \quad \text{et} \quad F \# G \simeq 0 \quad \text{si} \quad F \cdot G = 0$$

D'autre part, Eich (1982) indique que lorsque deux vecteurs présentent une similitude intermédiaire telle que  $F.G = s$ , alors leur corrélation peut être considérée comme une approximation d'un vecteur  $\delta$  dit "atténué" tel que :

$$F \# G \simeq s\delta$$

Usage des opérations :

- . La convolution peut être utilisée pour associer deux vecteurs en un vecteur composite. On peut ainsi associer par exemple deux items différents, ou encore deux vecteurs "codes" se correspondant dans des codes différents (géométrique-graphémique, graphémique-phonétique, graphémique-lexical etc.).
- . La somme est utilisée comme opération de stockage, les vecteurs simples ou convolés étant additionnés à un vecteur mémoire, après avoir éventuellement été pondérés par un scalaire dans certains modèles (cf. Murdock, 1982).
- . Le produit scalaire peut être utilisé comme opération de comparaison de deux vecteurs ou parfois comme opération de reconnaissance simple d'un vecteur "stimulus" dans le vecteur mémoire (cf. Murdock, 1982).
- . La corrélation est utilisée lorsque, disposant d'un vecteur stimulus, on veut identifier un autre vecteur qui lui a été associé par convolution et se trouve, sous cette forme associée, additionné au vecteur mémoire. Le problème pourrait être par exemple du type : disposant d'un graphème, retrouver sa prononciation, ou éventuellement sa signification etc.



### Le bruit de mémoire :

Il est à noter que les mémoires holographiques sont génératrices de bruit et que , de ce fait, les performances d'accès mémoire sont relativement fluctuantes et ne sont que statistiquement déterminées dans le cadre des modèles. En particulier, Murdock (1982) montre dans son étude théorique que les performances de reconnaissance **peuvent** être d'autant moins fluctuantes que le nombre d'attributs des items, c'est-à-dire  $n$ , est plus grand, ce qui entraîne une meilleure discrimination du signal et du bruit. Il est naturellement une source de bruit importante qui tient au nombre des vecteurs mémorisés dans un seul vecteur mémoire. L'étude de Murdock (1982) montre clairement que l'abandon du postulat d'unicité du vecteur mémoire et le dédoublement de celui-ci en plusieurs vecteurs mémoires plus ou moins spécialisés permet d'améliorer considérablement la discrimination du signal et du bruit lors de l'accès mémoire, mais c'est là un pas vers des modèles qui ne sont plus strictement holographiques. Toutefois, pour n'être plus strictement holographiques, des modèles à plusieurs vecteurs mémoires gagneraient probablement en vraisemblance **et en** généralité, particulièrement si l'on considère des mémoires permanentes à grande capacité (ex: lexique).

Il est un autre aspect très intéressant, et semble-t-il particulièrement propice à l'étude expérimentale, du bruit de mémoire holographique. Il s'agit de distorsions systématiques des informations retrouvées par corrélation d'un vecteur stimulus avec un vecteur mémoire composite en fonction de la composition de ce vecteur, aspect qui est plus particulièrement développé par Eich (1982) .

Accès mémoire par codes associés :

Nous inspirant partiellement du travail de Eich (1982), nous présentons ici quelques dérivations susceptibles de simuler certains phénomènes liés au codage des structures orthographiques et à l'accès lexical.

Les cinq premiers exemples illustrent les dérivations de base avec un vecteur mémoire ne contenant que deux vecteurs convolés, le vecteur stimulus étant corrélé avec ce vecteur mémoire.

. Si  $F \cdot G = 0$  , on a :

$$\begin{aligned} F \# (F \times G) &= (F \# F) \times G + (F \# G) \times F + \text{bruit} \\ &\simeq \delta \times G + 0 \times F + \text{bruit} \\ &= G + 0 + \text{bruit} \\ &= G + \text{bruit} \end{aligned}$$

Et réciproquement :

$$\begin{aligned} G \# (F \times G) &= (G \# F) \times G + (G \# G) \times F + \text{bruit} \\ &\simeq 0 \times G + \delta \times F + \text{bruit} \\ &= 0 + F + \text{bruit} \\ &= F + \text{bruit} \end{aligned}$$

Autrement dit, la donnée d'un vecteur stimulus permet de retrouver une approximation d'un autre vecteur qui lui aurait été préalablement associé en mémoire.

. Soit un cas limite où  $F = G$  , on a :

$$\begin{aligned} F \# (F \times G) &= (F \# F) \times G + (F \# G) \times F + \text{bruit} \\ &\simeq \delta \times G + \delta \times F + \text{bruit} \\ &= 2G + \text{bruit} = 2F + \text{bruit} \end{aligned}$$

Le code restitué est donc une approximation "renforcée" de F ou G.



. Soit un cas intermédiaire où F et G sont partiellement semblables de sorte que  $F.G = .5$  :

$$\begin{aligned} F \# (F \# G) &= (F \# F) \# G + (F \# G) \# F + \text{bruit} \\ &\simeq \delta \# G + .5\delta \# F + \text{bruit} \\ &= G + .5F + \text{bruit} \end{aligned}$$

Dans ce cas, le code restitué est une combinaison linéaire de F et G telle que chaque composante de G est pondérée à 1 et chaque composante de F est pondérée à .5, les composantes correspondantes des deux vecteurs étant additionnées terme à terme. Il s'ensuit que les attributs communs aux deux items sont renforcés et les attributs spécifiques à G subissent des interférences de F (cf. Eich, 1982, p. 633-634).

. Soit un vecteur stimulus H tel que  $H.F = .5$  et  $H.G = 0$  :

$$\begin{aligned} H \# (F \# G) &= (H \# F) \# G + (H \# G) \# F + \text{bruit} \\ &\simeq .5\delta \# G + 0 \# F + \text{bruit} \\ &= .5G + \text{bruit} \end{aligned}$$

Autrement dit, la donnée d'un vecteur stimulus partiellement semblable à l'un des vecteurs associés en mémoire entraîne la restitution d'une approximation "atténuée" de l'autre vecteur associé. Ceci peut en particulier simuler des phénomènes de "généralisation" tels que la réponse atténuée d'analyseurs géométriques à des stimulus partiellement "déviants" ou encore la réponse d'unités lexicales à des non-mots ressemblants à de vrais mots etc. ( il ne s'agit ici que d'une pure illustration et non d'hypothèses effectives de notre part).

Considérons à présent le cas où plusieurs associations se trouvent additionnées dans le vecteur mémoire.

. Si tous les vecteurs items sont dissemblables, on a :

$$\begin{aligned}
 F \# ((F \# G) + (H \# \dot{I})) \\
 &= (F \# F) \# G + (F \# G) \# F + \text{bruit}_{F \# G} \\
 &\quad + (F \# H) \# \dot{I} + (F \# \dot{I}) \# H + \text{bruit}_{H \# \dot{I}} \\
 &\simeq \delta \# G + 0 \# F + \text{bruit}_{F \# G} \\
 &\quad + 0 \# \dot{I} + 0 \# H + \text{bruit}_{H \# \dot{I}} \\
 &= G + \text{bruit}_{F \# G} + \text{bruit}_{H \# \dot{I}}
 \end{aligned}$$

On voit donc que le résultat est le même que dans le cas où une seule association se trouve en mémoire à ceci près que chaque association supplémentaire ajoute du bruit aléatoire au vecteur code restitué.

. Supposons que tous les vecteurs items présentent entre eux une similitude de .5. On a alors :

$$\begin{aligned}
 F \# ((F \# G) + (H \# \dot{I})) \\
 &\simeq \delta \# G + .5\delta \# F + \text{bruit}_{F \# G} + .5\delta \# \dot{I} + .5\delta \# H + \text{bruit}_{H \# \dot{I}} \\
 &= G + .5F + .5\dot{I} + .5H + \text{bruit}_{F \# G} + \text{bruit}_{H \# \dot{I}}
 \end{aligned}$$

Dans ce cas, le vecteur mémoire composite engendre du bruit, mais il entraîne aussi une contribution de chacun des items à la reconstitution du vecteur code de sortie, de sorte qu'il peut y avoir des phénomènes de "coopération" partielle des items mémorisés, le résultat final dépendant de la répartition des similitudes entre les différents items.



. Spécifions un peu les problèmes et supposons que l'on ait dans le vecteur mémoire deux codes d'entrée possibles F et H qui présentent entre eux une similitude de .5, et deux codes de sortie possibles G et I sans similitude entre eux ni avec les vecteurs codes d'entrée. On a alors :

$$\begin{aligned} F \# ((F \# G) + (H \# I)) \\ \simeq \delta \# G + 0 \# F + \text{bruit}_{F \# G} + .5\delta \# I + 0 \# H + \text{bruit}_{H \# I} \\ = G + .5I + \text{bruit}_{F \# G} + \text{bruit}_{H \# I} \end{aligned}$$

On constate que la sortie incorrecte I interfère avec la sortie correcte G en raison de la similitude partielle des vecteurs codes d'entrée. Autrement dit, on simule un phénomène analogue à un effet "d'inconsistance" au sens de Glushko (1979), ou encore un phénomène plus général de "concurrence" entre des réponses dissemblables à des stimulus partiellement semblables.

. On peut avoir comme cas limite une "ambiguïté" pure et simple comme dans l'exemple suivant :

$$F \# ((F \# G) + (F \# H)) \simeq G + H + \text{bruit}_{F \# G} + \text{bruit}_{F \# H}$$

où G et H sont dissemblables entre eux et sans similitude avec F.

. On peut renverser le problème et prendre G et H comme vecteurs codes d'entrée possibles, F étant un code de sortie commun :

$$G \# ((F \# G) + (F \# H)) \simeq F + \text{bruit}_{F \# G} + \text{bruit}_{F \# H}$$

et de même :

$$H \# ((F \# G) + (F \# H)) \simeq F + \text{bruit}_{F \# G} + \text{bruit}_{F \# H}$$

On obtient ainsi une "équivalence" des vecteurs d'entrée.

On pourrait sans doute multiplier les cas de figures et leurs illustrations, mais qu'il nous suffise, dans le cadre de cette présentation rapide des conceptions holographiques, d'avoir suggéré quelques idées de nature à faire pressentir les potentialités de ces conceptions.

Cependant, nous ne voudrions pas terminer ce paragraphe sans une remarque de fond concernant les implications que pourraient avoir l'holographie dans le débat qui oppose les théories gestaltistes et les théories analytiques de la perception des mots. Faisant abstraction des arguments expérimentaux qui semblent orienter la décision en faveur des théories analytiques, nous considérons ici simplement l'argument de principe contre les théories gestaltistes suivant lequel la variabilité des graphismes entraînerait une augmentation prohibitive du nombre des entrées lexicales nécessaires pour assurer une reconnaissance globale des mots en tant qu'unités visuelles intégrées. Il est clair que l'holographie rend virtuellement cet argument caduc dans la mesure où l'on peut obtenir des "généralisations" et des "équivalences" de formes sans le moindre accroissement de la taille du vecteur mémoire, mais au prix toutefois d'une augmentation du bruit, ou d'une diminution du rapport signal/bruit lors de l'accès, dont il n'est pas très facile pour l'instant d'estimer les limites possibles et les limites acceptables dans un système réel de reconnaissance des mots. Il est également à noter que les "opérations holographiques" sont parfaitement applicables dans le cadre de modèles "multi-vecteurs" analytiques où elles peuvent permettre de simuler la résolution de problèmes "locaux" tels que les correspondances de codes.



### 9.3 Détecteurs lexicaux et principe d'interactivité :

Les modèles à "détecteurs" se distinguent fondamentalement des modèles de type holographique par l'hypothèse suivant laquelle chaque unité de codage serait représentée dans le système perceptif par une unité logique de détection (ou "analyseur") spécialisée dans la reconnaissance de cette unité de codage particulière (par exemple un certain mot pour un détecteur lexical). Chaque détecteur occuperait une position déterminée au sein d'un réseau de relations que l'on peut généralement identifier à un réseau matériel de connexions, et un détecteur donné peut être pratiquement identifié par l'ensemble des afférences qu'il reçoit ainsi que par l'ensemble des efférences qu'il engendre, de sorte que l'unité de codage est entièrement définie par la position du "noeud" détecteur correspondant dans le réseau de relations. Il est alors supposé que la donnée d'un stimulus engendre dans le réseau un flux de signaux dont la répartition et le cheminement caractérisent ce stimulus et qui aboutissent au(x) détecteur(s) correspondant(s), lieu où ils sont intégrés et entraînent éventuellement une réponse de l'unité concernée. Il est intuitivement évident que de telles conceptions sont étroitement liées à la notion de "réseau nerveux" et il est de fait très fréquent que les auteurs de ces modèles postulent pour les unités logiques de détection des fonctions d'intégration des signaux afférents qui sont très proches de celles que l'on attribue aux neurones. Toutefois, l'interprétation physiologique n'a pas valeur de nécessité et le raisonnement sur les modèles peut être conduit sur la base de représentations purement abstraites.

L'un des modèles les plus célèbres de cette catégorie fut proposé par J. Morton (1969) et a depuis subi un certain nombre de modifications et d'extensions (cf. Morton, 1980). Selon Morton, à chaque unité lexicale (mot ou morphème) correspondrait un détecteur particulier, dénommé "logogène", fonctionnant sur le principe du sommateur à seuil. Chaque logogène du système reçoit un certain nombre d'afférences correspondant à la définition de l'unité lexicale représentée aussi bien sur le plan sémantique que sur le plan perceptif, de sorte que le réseau lexical peut être activé à la fois par des signaux provenant des processus d'intégration du sens et par des signaux provenant des processus de traitement perceptif du stimulus. Le logogène additionne simplement les signaux qui tombent dans son ensemble de définition sans distinction de leur provenance et engendre éventuellement une réponse lorsque le total des signaux accumulés dépasse un certain seuil dont la valeur est propre à chaque logogène et est d'autant plus faible que l'unité lexicale représentée est d'un usage plus fréquent. Un logogène est donc capable de combiner et d'utiliser indistinctement des "hypothèses" sémantiques et des signaux perceptifs pour augmenter son niveau d'activation, de sorte que la reconnaissance d'une unité lexicale résulte tout à la fois des prévisions que peut engendrer le système, par utilisation des contraintes contextuelles, et de l'analyse du stimulus actuel. Cette possibilité d'intégrer indifféramment à un même niveau des informations provenant de différentes sources caractérise ce que l'on a coutume d'appeler des "systèmes interactifs", c'est-à-dire que chaque niveau d'intégration est simultanément sous



le contrôle des niveaux d'intégration inférieurs (information montante ou "bottom-up") et des niveaux d'intégration supérieurs (information descendante ou "top-down"). Dans le cas d'une interaction perceptive-sémantique au niveau des logogènes lexicaux, la quantité d'informations perceptives requise pour identifier un mot est d'autant plus faible que le mot est plus prévisible sémantiquement, et réciproquement, la quantité d'informations descendantes requise est d'autant plus faible que la quantité d'informations perceptives est importante, c'est-à-dire qu'il peut y avoir des phénomènes de compensation entre les types d'informations. En outre, la quantité globale de signaux permettant à un logogène de répondre est d'autant plus faible que le mot représenté est plus fréquent (seuil plus bas).

On a vu au chapitre 8 qu'il existe un certain nombre d'observations suggérant effectivement qu'il existe des processus de compensation entre information perceptive et information sémantique pour la lecture des mots précédés d'un prime sémantique (cf. Becker & Killion, 1977), mais ceci semble plus problématique lorsque le contexte est constitué par un énoncé naturel (cf. Pynte & al., 1982). D'autre part, l'idée d'un seuil de détection dépendant de la fréquence d'usage du mot représenté par le logogène devrait également conduire à des phénomènes de compensation entre information perceptive et fréquence d'usage dans la mesure où la quantité d'informations perceptives requise pour détecter le mot est d'autant plus faible que le seuil de détection est plus bas. Mais en fait, il semble que la qualité perceptive du stimulus et sa fréquence d'usage aient des effets additifs sur le temps d'identification

des mots (cf. Becker & Killion, 1977), ce qui, si l'on admet que la cadence d'extraction des indices perceptifs est une fonction croissante de la qualité visuelle du signal, n'est pas de nature à soutenir l'hypothèse de Morton sur l'ajustement des seuils de détection en fonction de la fréquence d'usage des mots.

Marslen-Wilson et Welsh (1978) ont proposé un autre type de système interactif de détection utilisant non plus des sommateurs à seuil mais des unités logiques de détection capables de s'auto-désactiver lorsqu'elles reçoivent des signaux incompatibles avec les spécifications des mots qu'elles représentent, de sorte que la recherche lexicale procède non plus par activation des détecteurs mais par élimination. Il est en fait supposé que les tout premiers indices perceptifs disponibles définissent l'ensemble des unités candidates à la reconnaissance, ensemble qui constitue la "cohorte" initiale, puis au-fur-et-à-mesure que les indices perceptifs (bottom-up) et sémantiques (top-down) affluent, les unités incompatibles avec certains de ces indices se désactivent de sorte que la taille de la cohorte diminue progressivement jusqu'à ce qu'il ne reste qu'une seule unité active, et c'est alors que le mot correspondant est reconnu par le système. L'avantage particulier d'un tel système est qu'il assure automatiquement la reconnaissance du mot en n'utilisant que le strict minimum d'informations perceptives nécessaire en fonction des contraintes contextuelles disponibles. Malheureusement, ce modèle ne prédit pas des phénomènes ordinairement observés tels que les effets de la fréquence d'usage des mots et, ce qui est plus grave, il est logiquement incapable d'engendrer des fausses recon-



naissances (confusions de mots) et se trouve de ce fait en contradiction avec de nombreuses observations. En effet, la recherche lexicale par élimination procède de telle sorte que s'il arrive qu'un détecteur de mot et un seul reste actif, ce qui constitue la condition de reconnaissance, alors ce détecteur correspond nécessairement au mot le moins incompatible avec le stimulus actuel . Il s'ensuit qu'en principe aucun mot ne peut être reconnu par erreur à la place d'un autre, sauf peut-être dans le cas particulier et artificiel où le stimulus actuel est un mot incompatible avec le contexte sémantique dans lequel il se trouve inséré, auquel cas les indices sémantiques contextuels pourraient effectivement éliminer prématurément le détecteur lexical correct au cours du processus de réduction de la cohorte. Mais il se trouve que l'on peut obtenir des confusions de mots en dehors de tout contexte sémantique en situation expérimentale, phénomène dont nous montrerons des exemples dans la seconde partie de notre exposé (exp. I). Il est vrai, cependant, que le modèle de Marslen-Wilson et Welsh a été conçu pour l'étude de la perception auditive et que nous nous référons pour notre part à des phénomènes observés en lecture, mais si l'on peut imaginer certaines différences probables entre les deux types de perceptions, il peut paraître assez invraisemblable que les principes fondamentaux de reconnaissance, qui sont en cause ici, soient radicalement différents entre l'audition et la lecture. Entre la recherche lexicale par activation et la recherche par élimination, on peut en fait imaginer des solutions intermédiaires ou composites dont nous verrons des exemples plus loin.

#### 9.4 Modèles circulaires :

##### 9.4.1 Principe d'Analyse par Synthèse :

Le principe d'analyse par synthèse fut initialement proposé par Halle et Stevens (1964) et repose sur l'idée que l'identification du stimulus procède par émission d'hypothèses internes à partir desquelles le système de reconnaissance synthétise un signal à comparer au stimulus, l'identification ayant lieu lorsque la comparaison d'un signal interne avec le stimulus actuel donne un ajustement jugé satisfaisant. La sélection des hypothèses est basée sur une analyse préliminaire assez grossière du signal stimulus, analyse qui n'autorise pas l'identification mais permet cependant de restreindre convenablement l'ensemble des possibles. Cette procédure de test d'hypothèses se distingue fondamentalement de l'interaction, ainsi que nous l'avons signalé en 8.2, par le fait qu'ici, les signaux d'origine interne ne sont jamais mélangés aux signaux d'origine externe, mais seulement comparés, c'est-à-dire qu'il n'y aurait pas addition des informations de sources distinctes mais plutôt quelque chose d'analogue à un calcul de corrélation ou de distance ne modifiant pas l'état des signaux perceptifs. La comparaison est donc la base d'un processus de décision contrairement à l'interaction qui est plutôt un processus de filtrage et d'élaboration de l'information. De même, on peut remarquer qu'un processus interactif peut combiner des signaux de natures différentes (sémantiques et



perceptifs par exemple), alors qu'une comparaison ne peut en principe être réalisée qu'entre des formes de même nature. De plus, alors que les systèmes interactifs opèrent en parallèle sur des "cohortes" éventuellement importantes d'hypothèses lexicales et autres, les systèmes à test d'hypothèses synthétisent et comparent les signaux internes au stimulus dans un ordre séquentiel déterminé. Cette différence est liée à la conception en réseaux de détecteurs interconnectés qui caractérise les systèmes interactifs, alors que les systèmes de test d'hypothèses utilisent plutôt des dispositifs du type "processeur" séquentiel polyvalent mais à capacité limitée. En somme, alors que les systèmes interactifs sont relativement proches de conceptions de type neurophysiologique du traitement de l'information (il n'y a qu'un pas d'un réseau de détecteurs spécialisés à un réseau nerveux), les systèmes à test d'hypothèses semblent plus étroitement liés à des conceptions de type informatique, le processeur séquentiel polyvalent étant un élément caractéristique des ordinateurs classiques. Il est du reste historiquement vrai que les modèles d'analyse par synthèse sont issus des préoccupations de linguistes et informaticiens soucieux de développer les recherches concernant la reconnaissance automatique de la parole, alors que les "logogènes" de J. Morton ressemblent étrangement à des neurones du point de vue fonctionnel.

L'une des principales applications du principe d'analyse par synthèse à des modèles du lecteur est due à Pynte et Noizet (1975) et à Noizet (1980).

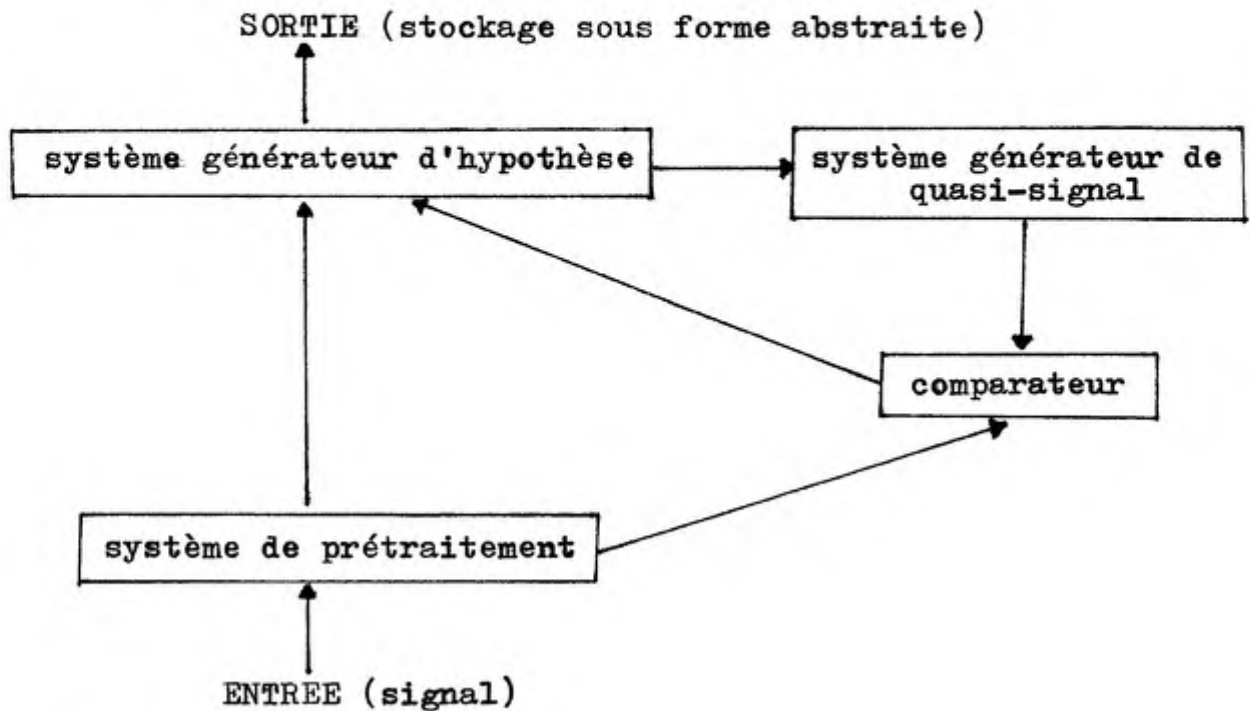


FIGURE 29 : Schéma d'une unité de traitement du signal utilisant le principe d'Analyse par Synthèse, d'après Noizet (1980, p. 112). L'unité se compose de quatre sous-systèmes entre lesquels les flèches indiquent les relations de passage (couplages).

Selon Noizet (1980), une unité de traitement du signal se compose de quatre sous-systèmes (fig. 29). Le signal d'entrée est en premier lieu appliqué à un "système de prétraitement" qui en assure le stockage temporaire en mémoire sensorielle (mémoire "iconique" pour un signal visuel, et mémoire "échoïque" pour un signal auditif, suivant les termes de Neisser (1967)). A ce niveau, le signal est encodé sous une forme que Noizet qualifie de "précatégorielle", c'est-à-dire un ensemble de paramètres descriptifs du signal assez analogue à ce que nous avons ailleurs appelé "vecteur forme". L'auteur suppose en outre que ce prétraitement est dans une certaine



mesure "guidé" par le travail d'interprétation du signal (p. 113), mais les modalités exactes de ce guidage ne sont pas spécifiées. Un sous-système "générateur d'hypothèse" utilise ensuite la forme prétraitée du signal pour engendrer des hypothèses catégorielles sur l'identité du stimulus (ou de ses composants suivant le niveau d'analyse considéré), le choix de ces hypothèses étant ordonné par des déterminants tels que la fréquence d'usage ou la "disponibilité" des unités de codage compatibles, en première approximation, avec la forme prétraitée du signal. Lorsqu'une hypothèse est émise, un "générateur de quasi-signal" synthétise un signal interne correspondant à cette hypothèse catégorielle et un "comparateur" évalue l'écart entre ce "quasi-signal" et le signal d'entrée, celui-ci étant identifié si l'écart n'excède pas un certain critère et l'émission d'hypothèses se poursuivant dans le cas contraire.

Noizet pense que le lecteur dispose de plusieurs unités de traitement de ce type, chacune correspondant à un certain niveau de segmentation du signal perceptif et du message linguistique. Les différentes unités opéreraient simultanément ("en parallèle") sur le signal, de sorte que le stimulus peut se trouver identifié à un certain niveau alors que ses composants de niveaux inférieurs ne sont pas, ou ne sont que partiellement identifiés. D'autre part, le sujet aurait la possibilité d'utiliser stratégiquement un niveau préférentiel de traitement ou un autre suivant les cas. Cette conception du traitement est compatible en particulier avec diverses manifestations et variations de "l'effet de supériorité des mots" obtenu par la technique de Reicher (1969), mais elle ne l'est guère avec l'idée d'une organisation hiérar-

chique du traitement des stimulus linguistique, idée qui semble cependant se dégager d'un certain nombre d'observations également obtenues à l'aide de la technique de Reicher (cf. McClelland, 1976; Johnston & McClelland, 1980). Toutefois, la difficulté pourrait être levée en supposant qu'une unité de niveau N opère non pas directement sur le signal mais plutôt sur les hypothèses émises par l'unité de niveau N-1, ce qui donne une structure hiérarchique capable d'analyser des formes non totalement déterminées à tous les niveaux et de lever progressivement les indéterminations par intégration des contraintes sur des unités linguistiques de plus en plus larges.

Pynte et Noizet (1975) ont spécifié plus en détail les procédures qui selon eux permettent à différentes catégories de lecteurs d'accéder au lexique mental à partir d'une forme graphique. Les auteurs s'inspirent assez directement des principes de la phonologie générative de Chomsky et Halle (1968), principes suivant lesquels toute unité lexicale posséderait une forme "phonologique" abstraite relativement proche de la forme orthographique conventionnelle des mots, et dont il serait possible de dériver la forme phonétique par application de règles génératives. Sans entrer dans le détail de la théorie linguistique, disons que cette conception conduit logiquement à supposer que l'accès à la forme phonologique abstraite des mots est plus directement obtenu à partir des formes orthographiques qu'à partir des formes phonétiques, de sorte qu'un lecteur aurait intérêt à utiliser les premières plutôt que les secondes qui supposent en outre un transcodage grapho-phonétique préalable du signal.

Pynte et Noizet (1975) supposent donc qu'un "bon lecteur" (fig.30) produit des hypothèses phonologiques (lexicales) directement sur la base de la forme orthographique du stimulus, alors qu'un "mauvais lecteur" (fig. 31) commence par convertir la forme graphique en une forme phonétique par une "prononciation aveugle", "écoute" sa propre production et fonctionne ensuite comme un auditeur (il s'agit naturellement d'opérations intériorisées pour un lecteur adulte). Dans les deux cas, le lecteur engendre une forme phonétique à partir de l'hypothèse phonologique par application de règles génératives, mais alors que le "mauvais lecteur" peut comparer directement cette forme dérivée à la forme transcodée du signal qu'il a produite, le "bon lecteur" pour sa part est obligé d'opérer un transcodage phonétique-graphique du quasi-signal pour le comparer au signal graphique d'entrée.

Constatons que le détour par une forme phonétique dans la boucle de synthèse chez le "bon lecteur" entraîne en fait une complication considérable de la procédure de comparaison, d'autant que le système des correspondances phonie-graphie est en français encore plus équivoque que le système graphie-phonie. A la limite, il vaudrait mieux transcoder le signal graphique plutôt que le quasi-signal phonétique, ou encore imaginer un système de "comparaisons intercodes" ne nécessitant aucun transcodage (c'est à dire rechercher des correspondances abstraites du signal et du quasi-signal plutôt que des correspondances de forme "physique").

D'autre part, ce détour par une forme phonétique chez le bon lecteur ne semble nécessaire qu'en raison d'un certain état de la théorie linguistique de référence, en particulier par le fait



qu'on ne connaît pas de règles génératives permettant d'engendrer la forme orthographique à partir de la forme phonologique dans la théorie de Chomsky et Halle (1968). Toutefois, le psycholinguiste est bien obligé de constater que le lecteur humain est aussi capable (en principe) d'écrire sa langue sans (trop de) fautes d'orthographe, de sorte qu'il faut bien supposer qu'il possède d'une façon ou d'une autre une certaine connaissance de cette orthographe et que , par conséquent, le détour par une forme phonétique dans la boucle de synthèse n'est pas une nécessité pour une théorie psycholinguistique. En fait, une telle nécessité viendrait plutôt de l'observation si l'on considère ce qui a été dit au chapitre 6, mais s'il est évident que le lecteur produit des formes phonétiques, il est moins sûr que ces formes constituent le quasi-signal à comparer au signal (dans le cadre d'un modèle d'analyse par synthèse) et l'on ne possède semble-t-il aucun argument décisif sur ce point.

Ceci étant dit, l'opposition des "bons" et "mauvais" lecteurs sous l'angle des codes d'accès "premiers" au lexique semble assez pertinente en regard d'un certain nombre de résultats expérimentaux (cf. Baron & McKillop, 1975 ; Coltheart, 1978) et les observations de Glushko (1979) dont nous avons parlé p.88 rendent très contestables la plupart des arguments invoqués à l'encontre de cette thèse (voir § 6.3 p. 94). Cependant, les effets "d'inconsistance" dégagés par Glushko semblent être eux-mêmes assez difficiles à interpréter dans le cadre des procédures décrites par Pynte et Noizet, et nous ne voyons pas très bien pour notre part comment il pourrait en être rendu compte.

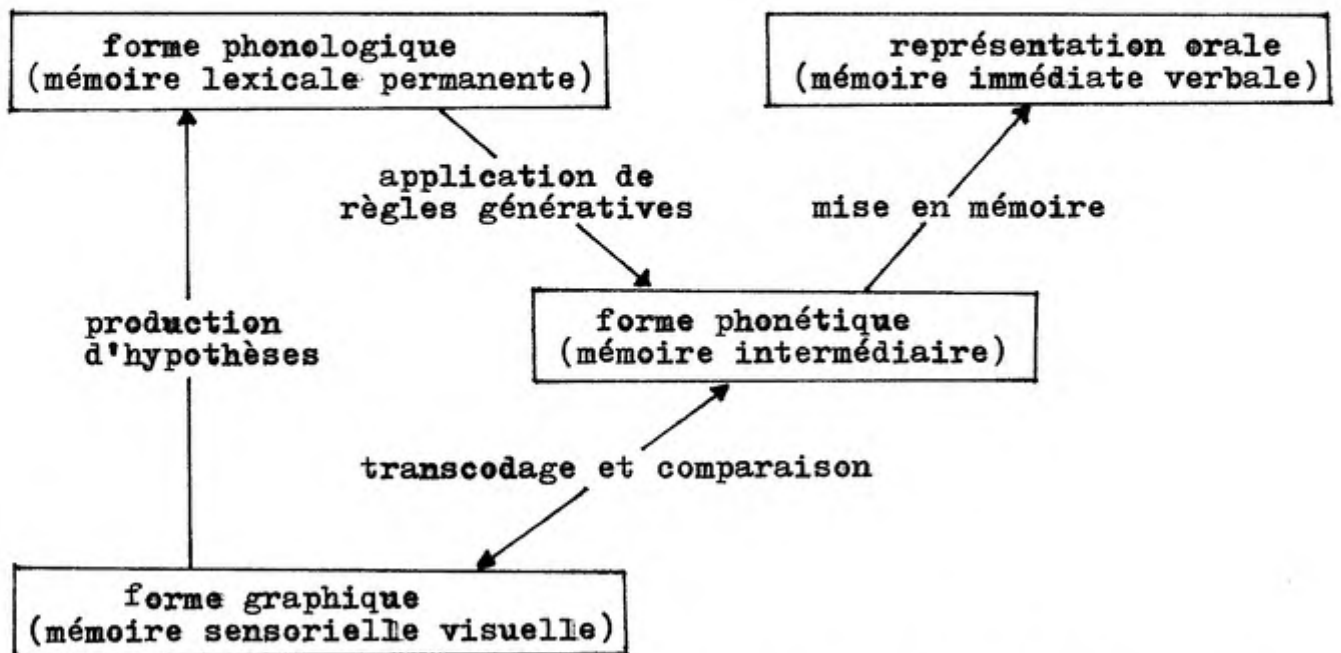


FIGURE 30 : Fonctionnement d'un "bon lecteur" d'après Pynte et Noizet (1975).

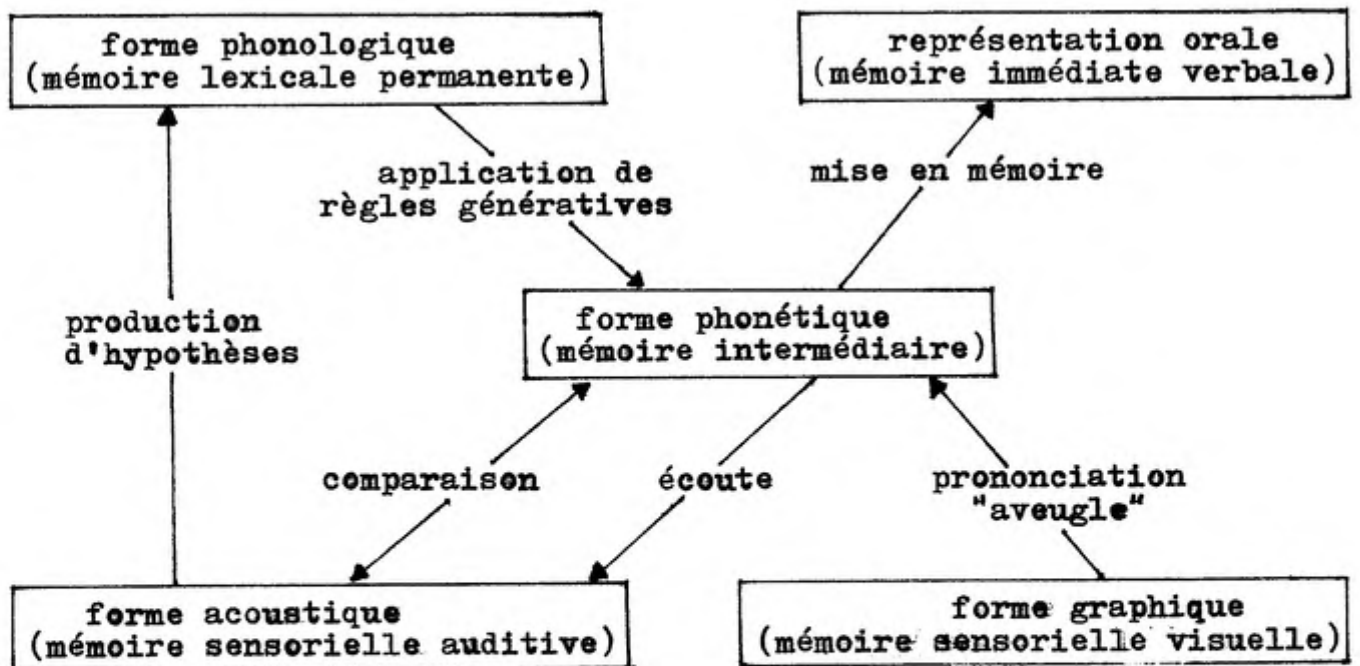


FIGURE 31 : Fonctionnement d'un "mauvais lecteur" d'après Pynte et Noizet (1975).

#### 9.4.2 Mémoires adressables et recherche lexicale active :

On s'écarte ici complètement de l'idée de "réseau de détecteurs", qui correspond à une conception "active" de la mémoire (un détecteur est tout à la fois une unité de mémoire et un analyseur spécialisé de données), et l'on s'intéresse à des systèmes directement inspirés des systèmes informatiques, utilisant des mémoires "passives" et "adressables" gérées par quelque chose d'analogue à un "processeur". Schématiquement, une unité de mémoire adressable peut être vue comme une sorte de "boite" ou de "case" dans laquelle le processeur peut inscrire ou lire une information, et qui est repérée dans le système par un "code adresse" spécifique permettant au processeur de la localiser. La mémoire n'est donc ici qu'un contenant passif, un "lieu" du système, neutre par rapport aux informations qu'il est susceptible de contenir. Dans un tel système, la recherche d'une information est un processus actif d'exploration de la mémoire réalisé par le processeur, lequel peut être considéré comme le seul élément logique actif du système (très schématiquement).

L'utilisation de systèmes de ce type (ordinateurs) a conduit les informaticiens à imaginer des algorithmes (suites d'opérations définies et exécutables par le processeur) permettant de gérer et d'exploiter des ensembles importants de données structurées en mémoire (fichiers, bases de données), ce qui peut poser des problèmes formellement analogues à des problèmes d'accès lexical dans ce contexte théorique. On pourra par exemple consulter en français Corge (1975), Martin (1977) et l'article de Knuth (1981) pour une étude des algorithmes usuels.



Parmi les modèles proprement psychologiques inspirés des conceptions informatiques, on trouve en particulier le modèle de K.I. Forster (1976) qui est un modèle circulaire dans la mesure où il comporte une boucle de "vérification" dont le principe est tout-à-fait analogue à celui de "l'analyse par synthèse". Selon Forster, la mémoire lexicale se subdivise en quatre "fichiers" dont un "fichier maître" qui regroupe toutes les informations concernant chaque mot du lexique, et trois "fichiers d'accès" dont chacun ne contient que des informations d'un certain type organisées de façon spécifique pour chaque fichier. Ces informations, dites "codes d'accès", sont des descriptions des mots de la langue sous l'angle sémantico-syntaxique pour l'un des fichiers d'accès, sous l'angle phonétique (ou "phonologique" au sens le plus courant, i.e distinct de celui du § 9.4.1) pour un second fichier, et enfin sous l'angle orthographique pour le troisième fichier d'accès. A chaque entrée (code d'accès) de ces fichiers est associé un "pointeur" qui est un code donnant l'adresse-mémoire du mot correspondant dans le fichier maître. Chaque fichier d'accès se subdivise en un certain nombre de "compartiments" ("bins") dont chacun regroupe tous les codes d'accès possédant entre eux une certaine similitude pour le type d'information considéré (sémantique, phonétique ou orthographique). A l'intérieur d'un compartiment, les codes d'accès sont rangés par ordre décroissant de fréquence d'usage des mots correspondants.

Selon Forster, le processus d'identification d'un mot stimulus débute par l'extraction d'une partie de ses constituants comme les quatre ou cinq premières lettres, ou encore la première syllabe, partie qui va être utilisée pour rechercher les codes

d'accès correspondants en mémoire lexicale. La première opération de cette recherche consiste à localiser le compartiment dans lequel se trouve le plus probablement le code d'accès adéquat. Forster indique, sans donner beaucoup de précisions, que cette phase est analogue à la procédure par laquelle on recherche une page dans un dictionnaire alphabétique ordinaire en se repérant sur les "mots guides" qui figurent au début de chaque page, chaque compartiment étant identifié à une page et le premier code d'accès d'un compartiment jouant le rôle de mot guide. Si l'on prend la supposition de Forster au pied de la lettre, cela implique que les différents compartiments sont rangés dans le fichier d'accès suivant un certain critère d'ordre sur la forme des codes d'accès (analogue à un ordre alphabétique conventionnel par exemple), et que la procédure est analogue à ce que les informaticiens connaissent sous le nom de "recherche par interpolation" (dérivée de la classique "recherche dichotomique")(\*). La procédure consiste à localiser la page recherchée par estimations successives de plus en plus précises de sa position dans le dictionnaire, le code stimulus étant comparé au mot guide d'une page, ce qui permet d'évaluer l'écart "alphabétique" du stimulus à ce mot guide et d'en déduire une estimation approximative du nombre de pages à tourner dans un sens ou dans l'autre pour se rapprocher de la zone alphabétique adéquate. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'écart alphabétique du stimulus et d'un mot guide soit jugé suffisamment faible (nombre de pages à tourner estimé nul).

(\*) On pourrait cependant remarquer que l'organisation des fichiers postulée par Forster correspondrait de façon moins arbitraire à l'usage d'une procédure d'adressage calculé ("hash coding"), les "compartiments" pouvant alors correspondre à des "chaines de collisions".

Lorsque le compartiment recherché est localisé par le système, le fragment de stimulus utilisé est comparé en séquence aux différents codes d'accès contenus dans ce compartiment par ordre décroissant de fréquence d'usage des mots correspondants, et chaque fois qu'une comparaison est valide en regard d'un certain critère (plus ou moins exigeant), le pointeur associé au code d'accès concerné est utilisé pour accéder à l'entrée correspondante du fichier maître où sont trouvées toutes les spécifications utiles du mot. Le système peut alors utiliser ces spécifications pour effectuer divers contrôles, et en particulier pour engendrer un signal interne ("quasi-signal" selon les termes de Noizet, 1980), qui est comparé au stimulus complet. Le mot est identifié dans le cas où cette comparaison est jugée valide, mais dans le cas contraire la recherche est reprise dans le fichier d'accès jusqu'à émission d'une nouvelle "hypothèse lexicale" qui sera également vérifiée, et ainsi de suite tant que le mot n'est pas identifié ou que le compartiment n'est pas épuisé (cas d'un stimulus non lexical par exemple).

Le modèle de Forster permet de rendre compte d'une certaine variété de phénomènes, en particulier des effets liés à la similitude et à la fréquence d'usage des mots du lexique, ainsi que des effets liés à la plus ou moins grande "vraisemblance" lexicale des pseudo-mots dans des tâches de décision lexicale.

Le principal reproche à ce modèle a été formulé par Marslen-Wilson et Welsh (1978) et réside dans l'absence totale d'interactivité du système lors de la phase d'accès initiale, d'où il résulte une certaine rigidité de la procédure qui ne peut en aucune façon utiliser les contraintes contextuelles à ce stade. Ces contraintes



ne peuvent être prises en compte qu'assez tardivement pour éliminer, par exemple, une hypothèse lexicale non congrue au niveau du fichier maître et éviter ainsi une vérification inutile. Mais l'argument de Marslen-Wilson et Welsh n'est pas décisif à l'heure actuelle en ce qui concerne la lecture puisque l'interactivité sémantico-perceptive précède des processus n'est pas expérimentalement démontrée. Toutefois, le modèle de Forster se heurte à un certain nombre de difficultés lorsqu'il s'agit d'interpréter des phénomènes comme le priming sémantique (par association) ou, plus encore, lorsqu'on veut rendre compte de la supériorité perceptive des mots sur des lettres isolées, ou des mots moyennement longs sur des mots très courts (voir chapitre 3). De plus, même si les concepts issus de l'informatique ne sont utilisés en psychologie qu'à titre d'analogies, l'idée d'un système mnémonique passif est très difficile à concilier avec la plupart des phénomènes de mémorisation à court ou moyen terme, de transfert et de facilitation plus ou moins sélective entre plusieurs stimulus, phénomènes pour lesquels on doit généralement faire appel au concept "d'activation" des unités mnémoniques et perceptives.

#### 9.4.3 Modèles circulaires à détecteurs :

Certains auteurs ont eu l'idée de combiner un réseau de détecteurs avec une boucle de test d'hypothèses, le réseau de détecteurs ayant pour fonction de présélectionner en parallèle une "cohorte" plus ou moins restreinte d'éventualités lexicales grossièrement compatibles avec l'information disponible (il s'agit donc d'un "générateur d'hypothèses" au sens de Noizet, 1980), et la boucle de test assurant l'identification proprement dite du stimulus en vérifiant séquentiellement les hypothèses retenues par le système de détection. En somme, cela revient sensiblement à remplacer les "fichiers d'accès" de Forster par un réseau de mémoires actives, ce qui permet d'éviter les difficultés liées à une conception passive de la mémoire.

Becker (1980) a proposé un modèle de ce type pour la lecture des mots (fig. 32). Selon Becker, le signal est stocké en mémoire sensorielle visuelle, puis analysé par le système visuel en un ensemble de traits visuels dits "primitifs" qui correspondent sensiblement aux unités géométriques "simples" de Hubel et Wiesel. Ces traits servent directement de signaux d'entrée pour un réseau de détecteurs de mots du type "logogènes" (sommateurs à seuil) analogues à ceux de Morton (1969) à ceci près que les seuils de détection ne sont pas supposés explicitement liés à la fréquence d'usage des mots. Ces détecteurs reçoivent également des signaux "descendants" ("traits sémantiques") provenant d'un "processeur sémantique", et ils peuvent être activés par ces signaux de la même façon que par les signaux sensoriels. La détection autorise donc des processus interactifs visuo-sémantiques.

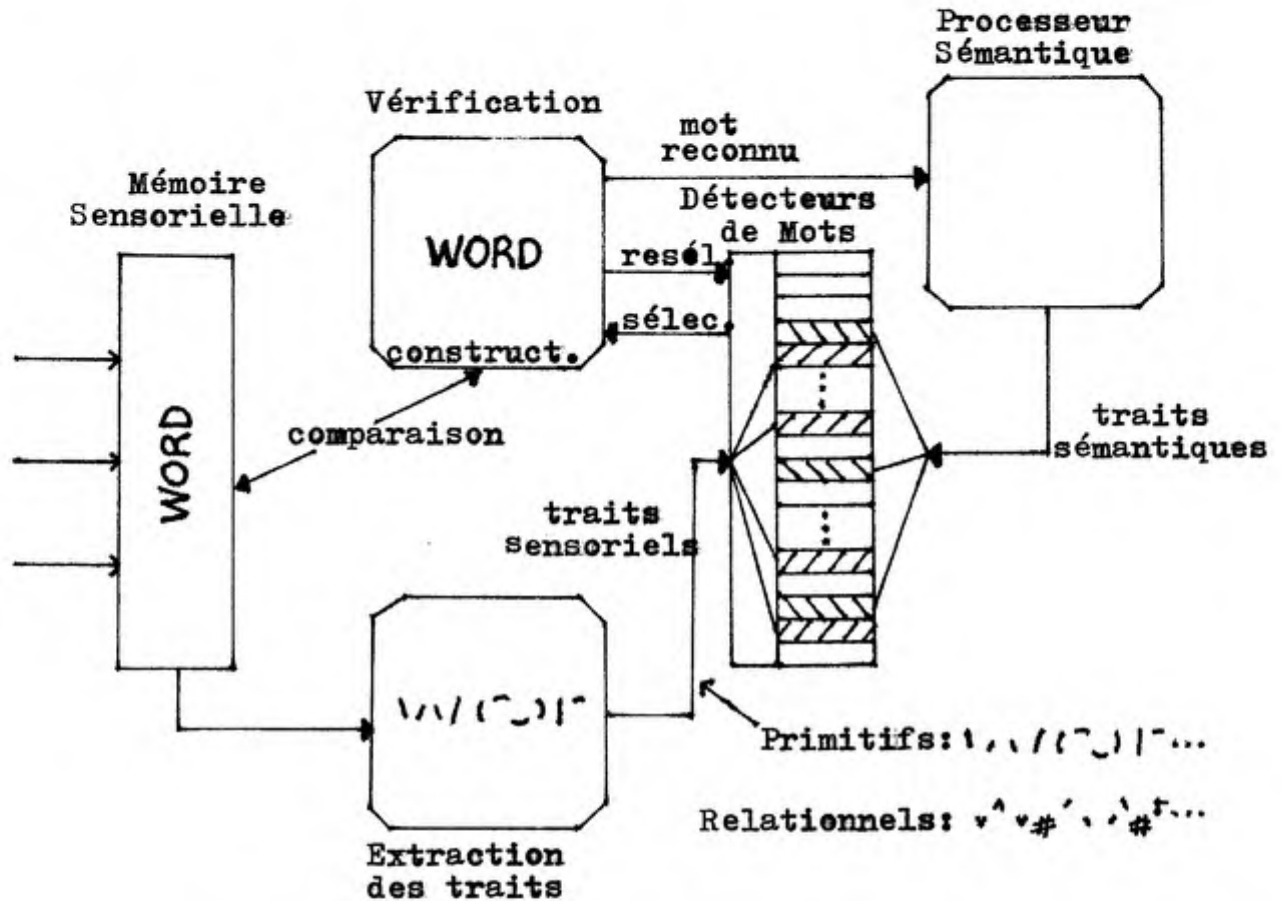


FIGURE 32 : Représentation schématique du modèle à "vérification" pour la reconnaissance des mots, d'après Becker (1980) . Seuls les traits "primitifs" constituent les entrées sensorielles des détecteurs de mots, et les traits "relationnels" sont rajoutés dans la construction interne à comparer au signal d'entrée.

L'ensemble des détecteurs de mots qui répondent à un instant donné représente l'ensemble des hypothèses lexicales retenues par le système. Un processus actif examine alors ces hypothèses les unes après les autres en les sélectionnant par ordre décroissant de fréquence d'usage. Le sous-système de vérification procède pour chaque hypothèse lexicale à la synthèse d'un signal interne comprenant à la fois les traits "primitifs" et les traits



aits "relationnels" (angles, séparations, liaisons etc.) qui caractérisent le mot testé, puis cette construction ("quasi-signal") est comparée au signal stimulus. Le mot est reconnu si l'ajustement est satisfaisant, ou une autre hypothèse est sélectionnée dans le cas contraire. On voit donc que la reconnaissance dépend de la prédiction des traits relationnels décrivant l'agencement des traits primitifs, ces derniers étant les seuls à être extraits du signal.

Le modèle de Becker possède donc à la fois le pouvoir explicatif des modèles interactifs à détecteurs et celui des modèles à test d'hypothèses du type "analyse par synthèse", ce dernier principe étant ici dénommé "vérification". En fait, cette distinction entre les processus de détection et les processus de décision s'avère pratiquement indispensable pour rendre compte d'un certain nombre de phénomènes importants (voir § 8.1 en particulier).

Le principal reproche que nous adresserons à ce modèle concerne l'absence totale d'analyse des mots en constituants orthographiques (lettres, patterns d'épellation etc.). Le mot est en effet ici la seule unité critique de reconnaissance, et nous avons vu au chapitre 5 que cette position est difficilement défendable au regard d'un certain nombre de résultats expérimentaux tels que ceux de McClelland (1976), de Johnston et McClelland (1980) et de Pring (1981).

## 9.5 Réseaux hiérarchiques de détection :

### 9.5.1 Structure hiérarchique simple :

Les réseaux hiérarchiques de détection se caractérisent par la superposition de plusieurs "couches" (on parle aussi "d'étages" ou de "niveaux") de détecteurs, chaque détecteur étant relié à un certain nombre d'autres détecteurs situés dans les couches adjacentes par un faisceau de "connexions" transportant les signaux. La structure est hiérarchique en ce sens qu'il n'y a pas de connexions directes entre des niveaux non adjacents de détection, et que l'intégration d'un signal complexe passe donc nécessairement par toutes les étapes correspondant aux différents étages de détecteurs du système. On peut par exemple songer à une organisation telle qu'un étage terminal du système visuel regroupe des détecteurs de signaux géométriques simples dont les sorties servent d'entrées à des détecteurs d'unités orthographiques qui à leur tour fournissent des signaux d'entrée à des détecteurs de mots, ces derniers ne recevant jamais directement des informations de nature visuelle. Dans ce type de structure, chaque étage de détection joue le rôle d'un "filtre catégoriel", c'est-à-dire qu'il ne laisse passer que les signaux qui sont identifiables, au moins dans une certaine mesure, au niveau des unités de codage représentées par les détecteurs. Pour reprendre l'exemple précédent, supposons qu'un certain agencement de traits visuels simples ne forme rien qui puisse ressembler à un groupe de caractères alphabétiques. Dans ce cas, l'étage orthographique du système recevra les signaux géométriques mais ne détectera aucune unité

pertinente à son niveau, de sorte qu'aucun signal ne parviendra à l'étage de détection des mots.

Cette conception présente de prime abord quelques aspects un peu contre-intuitifs dans la mesure où il n'est pas toujours évident qu'il soit nécessaire d'identifier les lettres d'un mot pour pouvoir identifier ce mot, en particulier lorsqu'on lit des écritures manuscrites peu lisibles où l'on tend à "deviner" les mots plus qu'à les lire à proprement parler. De plus, les diverses manifestations de "l'effet de supériorité des mots" dégagées par la psychologie expérimentale semblent militer contre l'hypothèse hiérarchique, du moins en première analyse. Mais en fait, il y a là une illusion, non pas en ce qui concerne les phénomènes eux-mêmes, mais en ce qui concerne leur apparente incompatibilité avec l'hypothèse hiérarchique. Cette illusion provient semble-t-il d'une certaine ambiguïté dans l'usage de la notion de "détection" que l'on assimile à un processus de type "tout ou rien" analogue à l'identification avec décision. Cependant, l'idée de "détection" est beaucoup plus proche de celle "d'hypothèse" avec laquelle elle peut même être franchement confondue dans certains modèles comme celui de Becker (1980) par exemple. De plus, la détection peut mettre en jeu des processus graduables, tant en ce qui concerne l'activation qu'en ce qui concerne la réponse des détecteurs, et le comportement des analyseurs géométriques du système visuel fournit un bel exemple de ce fait (cf. § 9.1.1). Dans ces conditions, un réseau hiérarchique de détection peut parfaitement remplir ses fonctions d'intégration et de filtrage du signal de façon graduelle, et la combinaison à un certain



niveau d'un ensemble de signaux faibles mais convergents provenant de niveaux adjacents peut provoquer "l'émergence" d'une réponse forte pour une certaine unité de codage alors même que ses composants ne sont que faiblement détectés. Il ne faut donc pas perdre de vue que le comportement d'un réseau dépend non seulement de sa structure, mais également des fonctions intégratives caractérisant les détecteurs. De fait, au prix de quelques hypothèses raisonnables sur la nature de ces fonctions, il est relativement facile d'obtenir dans un réseau hiérarchique, par simulation, des phénomènes problématiques tels que "l'effet de supériorité des mots" dans ses diverses manifestations, et nous verrons des exemples tout-à-fait clairs de ceci avec deux modèles hiérarchiques différents dans les paragraphes suivants.

Nous donnons seulement ici, comme exemple de base d'un système hiérarchique, le modèle simplifié de Johnston et McClelland (1980). Dans ce modèle, les fonctions intégratives des détecteurs ne sont pas réellement spécifiées et les auteurs utilisent des détecteurs à deux états discrets (actif - inactif) tout en admettant qu'il ne s'agit là que d'une simplification peu réaliste.

Selon Johnston et McClelland, le traitement d'un mot stimulus (fig. 33) débute par l'application au signal graphique d'une procédure qui le segmente en un certain nombre de zones correspondant aux caractères composants (les auteurs parlent en fait de "lettres"). La procédure de segmentation n'est pas spécifiée, mais il faut bien supposer qu'elle utilise des indices purement visuels tels que les espacements entre les caractères (lorsqu'ils existent !), ou encore la "chasse" des caractères lorsqu'elle est fixe, ou peut-être d'autres indices géométriques de segmentation

dont nous n'avons pas pour notre part la moindre idée. Toujours est-il que cette procédure est censée aboutir à une représentation du signal graphique où chaque position de lettre est repérée, et le système assigne à chacune des zones correspondantes un "canal" de détection des lettres. Chacun de ces canaux comprend deux étages successifs de détecteurs, le premier étage détectant des traits assez analogues aux unités géométriques "simples" de Hubel et Wiesel, et le second étage intégrant ces traits en unités alphabétiques que Johnston et McClelland appellent "lettres", mais dont la nature géométrique nous inciterait plutôt à les dénommer "caractères" en ce qui nous concerne. Enfin, les sorties des détecteurs de lettres de tous les canaux servent d'entrées à un étage de détection des mots. Il est à noter que les "connexions" existant entre les détecteurs peuvent être activatrices ou inhibitrices suivant que les unités représentées sont compatibles entre elles ou non. Il s'ensuit que le système de détection utilise à la fois l'activation et l'élimination (ou "inhibition") pour sélectionner les éventualités admissibles aux différents niveaux d'intégration du signal.

L'organisation hiérarchique du système de détection permet de donner une interprétation convenable à toute une variété de phénomènes pourvu que l'on admette, ainsi que le font Johnston et McClelland, que la détection est un processus relativement "périphérique" mettant en jeu des formes de mémoire assez labiles, et qui n'est en soi qu'un préalable à l'identification proprement dite du stimulus, laquelle mettrait en jeu des processus centraux d'encodage de l'information opérant sur les sorties du réseau de détection.

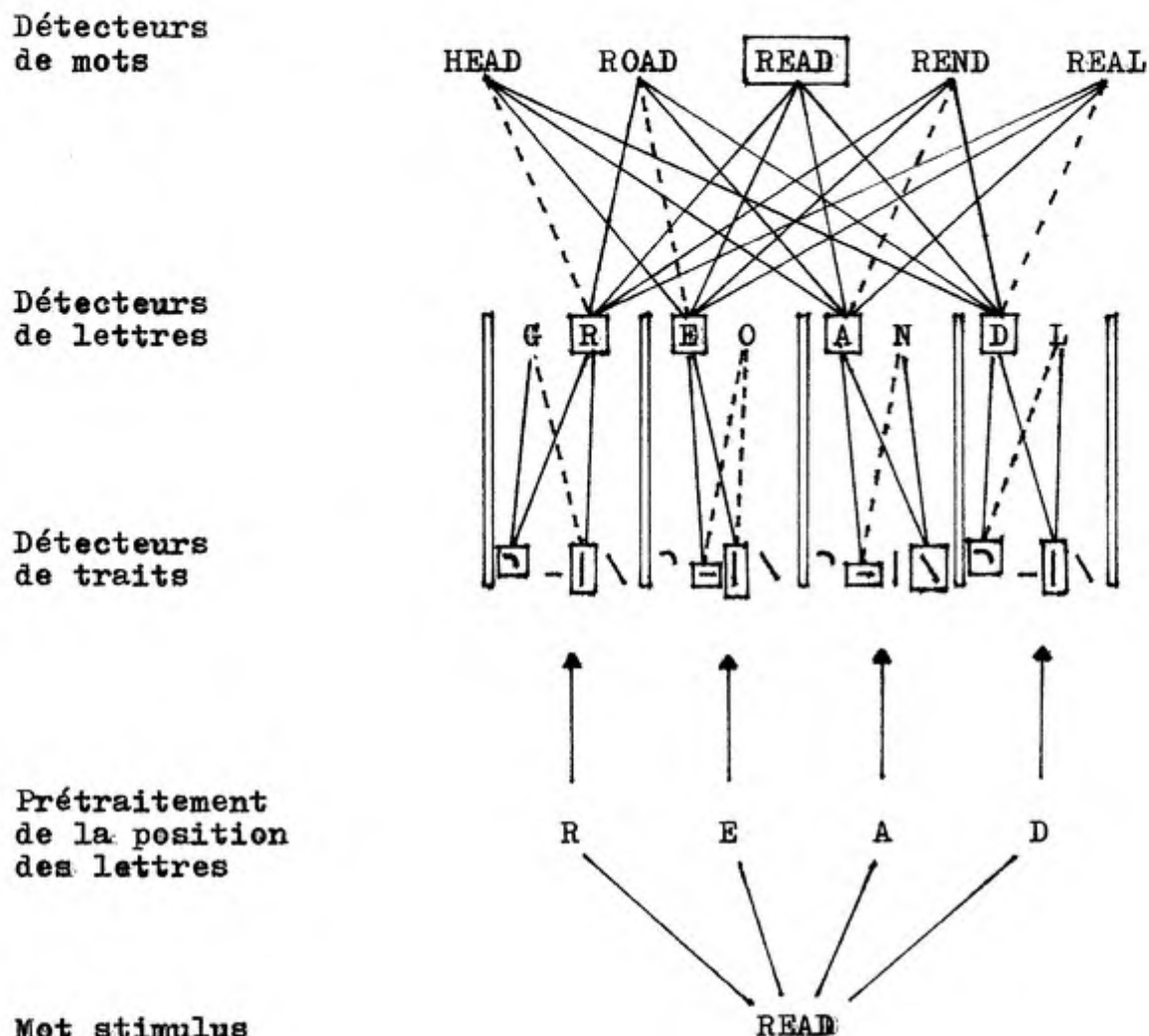


FIGURE 33 : Représentation schématique d'un fragment du système de détection hiérarchique selon Johnston et McClelland (1980). Les connexions en trait continu sont activatrices et les connexions en trait discontinu sont inhibitrices. Les traits doubles symbolisent les limites des canaux de détection des lettres aux différentes positions. Les ensembles de détecteurs et de connexions ne sont pas représentés de façon complète, et l'on a simplement illustré le traitement du mot anglais READ.

Dans ces conditions, on comprend les mécanismes par lesquels le post-masquage d'un stimulus pourrait empêcher son identification en inhibant les détecteurs activés par le signal avant l'encodage.



Il est d'autre part clair, d'après le modèle de Johnston et McClelland, qu'un détecteur de mot actif ne pourra être inhibé que par un post-masque contenant des lettres, alors qu'un détecteur de lettre pourra être inhibé par un post-masque alphabétique ou non pourvu qu'il contienne des traits incompatibles avec la lettre détectée. Il est donc normal que les stimulus lexicaux résistent mieux que des lettres isolées à l'effet d'un masque visuel non alphabétique, alors qu'un masque composé de lettres est tout aussi actif sur les deux types de stimulus (cf. § 4.3). Toutefois, le cheminement des signaux dans le réseau de détection étant uniquement ascendant (bottom-up), on ne peut théoriquement obtenir que des effets de masque rétroactifs (post-masquage), et il n'existe aucune possibilité d'engendrer des effets de masque proactifs (pré-masquage) qui supposeraient l'existence de connexions inhibitrices descendantes (top-down) ou, au moins, entre les détecteurs concurrents à un même niveau d'intégration.

Une autre lacune du modèle tient à l'imprécision de la définition des unités orthographiques, et il est bien difficile de dire si les "lettres" de Johnston et McClelland sont des unités géométriques complexes, auquel cas ce seraient des unités visuelles, ou s'il s'agit d'unités alphabétiques abstraites (telles que A = a, par exemple). Autrement dit, nous ne savons pas si nous avons affaire à des "caractères" ou à des "lettres", distinction qui paraît aujourd'hui relativement importante compte tenu des observations de Egeth et Santee (1981) dont il a été question en 5.1, et dont la prise en compte pourrait suggérer la nécessité de dédoubler l'étage "lettres" de Johnston et McClelland en un étage

d'intégration des traits en caractères, suivi d'un étage de détection des lettres réalisant des opérations du type "OU" logique sur les sorties des détecteurs de caractères alphabétiquement équivalents.

On aura également remarqué que les unités multi-lettres (ou multi-caractères) non lexicales telles que les patterns d'épellation ne sont pas prises en compte dans la structure du modèle. Toutefois, si le rôle du pattern d'épellation est prouvé en ce qui concerne les processus de codage phonétique du signal (cf. Pring, 1981 et § 5.3), jamais démonstration ne fut faite de l'intervention directe de cette unité de codage dans la reconnaissance orthographique des mots. De plus, l'observation de Johnston et McClelland (1980) suivant laquelle les suites aléatoires de lettres constituent des post-masques tout aussi efficaces que les mots (qui contiennent une certaine proportion de patterns d'épellation) suggère que le pattern d'épellation ne relève pas d'un niveau d'intégration interposé entre les lettres et les mots, mais bien plutôt d'un autre système de codage du signal qui, selon les résultats de Pring (1981), extrait ses unités de codage spécifiques de la forme visuelle du stimulus (le pattern d'épellation est une unité critique de reconnaissance). L'idée qui semble se dégager est donc que les voies de codage du signal et d'accès au lexique sont multiples et le modèle de Johnston et McClelland ne concerne que l'une des "bifurcations" possibles.

La principale difficulté avec le modèle de Johnston et McClelland, ainsi du reste qu'avec tous les modèles hiérarchiques actuellement

disponibles, tient à notre avis au mode de représentation de l'espace et au traitement de la position des constituants orthographiques du stimulus. On retrouve en effet invariablement, dans cette catégorie de modèles, l'idée suivant laquelle le signal visuel serait segmenté en un certain nombre de zones correspondant spatialement aux caractères composants à des positions sérielles déterminées. A chacune de ces zones, ainsi que nous l'avons vu, est assigné un canal particulier qui détecte et intègre localement les traits visuels de façon à extraire l'unité alphabétique qui se trouve à cette position. A première vue, ces canaux pourraient correspondre à une généralisation de l'idée "d'îlots corticaux" au sens de Hubel et Wiesel (1979), et cette conception du traitement de l'espace possède donc un certain degré de vraisemblance neurologique. Cependant, si l'on y regarde de plus près, on se rend compte que ce point de vue est très difficilement défendable, du moins sous la forme que lui donnent les auteurs des modèles. Premièrement, il faut considérer que les indices visuels de segmentation du signal, tels que les espacements intercaractères lorsqu'ils existent, ne sont autres que des "traits" (ou configurations de traits) particuliers, de sorte qu'on ne voit pas comment le signal pourrait être segmenté en caractères préalablement à l'extraction des traits. Secondement, ces indices visuels de segmentation n'existent pas forcément et l'on n'a dans de nombreuses écritures cursives parfaitement lisibles aucune discontinuité du graphisme entre les caractères ni aucune mesure de "largeur unité" telle que celle que fournirait une chasse fixe des caractères.



Dans ces conditions, on ne voit pas comment le signal pourrait être segmenté si ce n'est au cours même de l'extraction des caractères en tant qu'unités géométriques définies. Les solutions théoriques que l'on peut imaginer pour ce problème doivent nous sembler-il nécessairement faire appel aux contraintes sur les agencements d'unités géométriques simples pouvant former des suites de caractères alphabétiques. C'est ainsi que dans toute chaîne de caractères, il existe localement des agencements de traits compatibles avec des unités alphabétiques alternant avec des agencements de traits quelconques qui correspondent aux zones intercaractères. L'exploitation de cette propriété peut sans doute être réalisée par divers types de dispositifs tels qu'un système de canaux à interactions latérales dont les champs se recouvrent partiellement, ou encore, de façon plus simple, par un automate de reconnaissance des caractères opérant en séquence sur la matrice d'unités géométriques simples ("traits"). Mais dans tous les cas, la segmentation du stimulus résultera de l'extraction des caractères et non l'inverse.

Il nous faut aussi rappeler que les interactions latérales constituent une classe de phénomènes très largement mis en évidence par l'expérience dans la perception des suites de caractères, et nous en avons donné plusieurs exemples montrant en particulier le rôle de la similitude géométrique ou catégorielle des éléments en interaction (cf. Egeth et Santee, 1981 et § 5.1). Or, de tels phénomènes sont clairement incompatibles avec l'idée d'un système de canaux indépendants tel que celui de Johnston et McClelland puisque deux lettres identiques à deux positions distinctes y sont traitées exactement comme deux lettres dissemblables.

### 9.5.2 Réseau hiérarchique interactif :

Il s'agit ici d'un développement du modèle de Johnston et McClelland (1980) proposé par McClelland et Rumelhart (1981) et Rumelhart et McClelland (1982). La structure du réseau de détection est très comparable à celle du modèle de Johnston et McClelland mais le système de connexions ascendantes est doublé par un système identique qui transmet les signaux dans le sens descendant, de sorte que les niveaux d'intégration supérieurs renvoient un "feed-back" sur les niveaux inférieurs suivant la voie hiérarchique. Il existe de plus des connexions intra-niveaux qui établissent des relations d'inhibition entre les détecteurs susceptibles d'entrer en concurrence les uns avec les autres lors d'un processus de détection. En outre, la voie d'accès lexical "orthographique" est complétée par une "bifurcation phonétique" suivant l'organisation qui est schématisée sur la figure 34. On remarque que les unités multi-caractères ne sont toujours pas prises en compte, ce qui peut paraître ici être une franche lacune compte tenu du degré de spécification du modèle concernant en particulier le codage phonétique. Toutefois, les simulations informatiques du fonctionnement du système qui ont jusqu'à présent été réalisées par les auteurs ne portent que sur la voie orthographique, de sorte que l'étude est incomplète mais que sa validité n'est pas a priori compromise par les éventuelles lacunes concernant la voie phonétique.

Chaque détecteur du réseau est appelé "noeud" et possède un certain nombre de "voisins" qui sont les noeuds qui lui sont directement connectés.

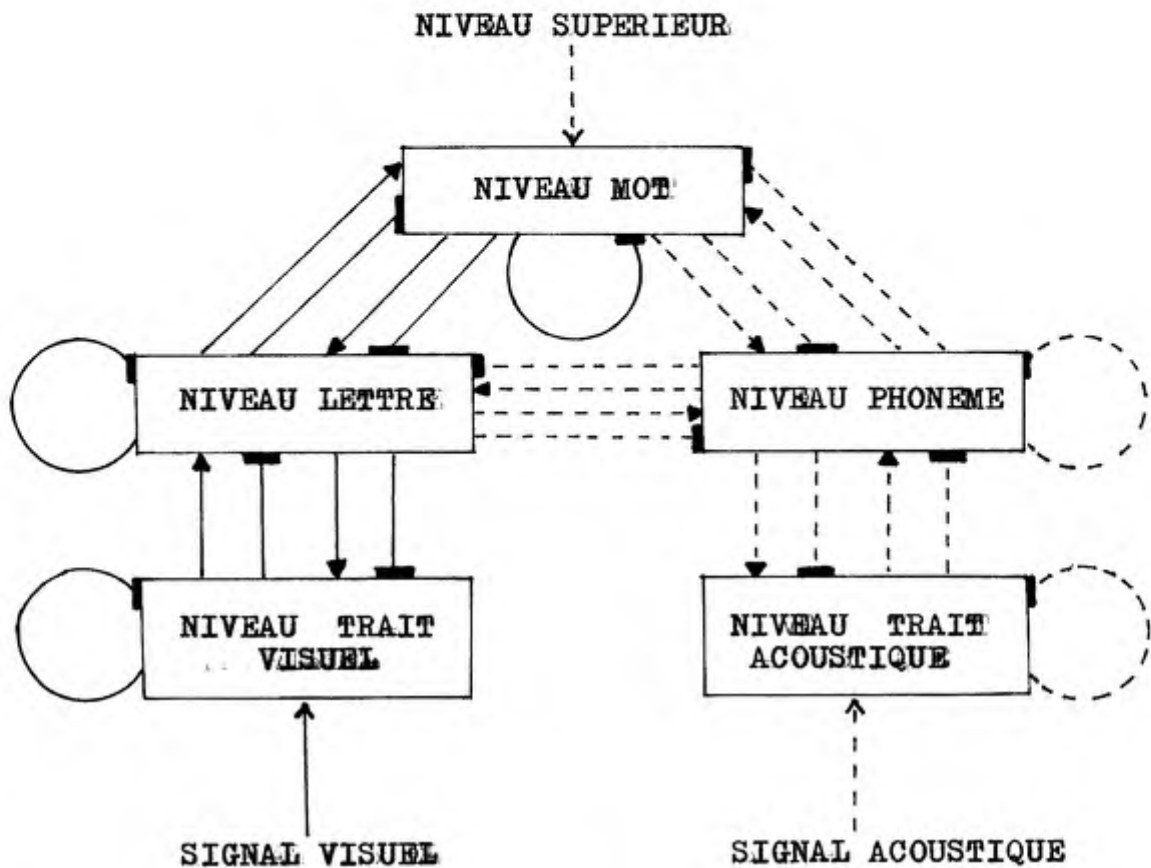


FIGURE 34 : Organisation schématique du système hiérarchique interactif de détection selon McClelland et Rumelhart (1981, p.378) et Rumelhart et McClelland (1982, p.89). Les relations en "flèche" symbolisent des faisceaux de connexions activatrices et les relations en "pavé" symbolisent des faisceaux de connexions inhibitrices. En trait plein : la voie orthographique, en trait discontinu : les voies phonétiques.

Les différents voisins d'un noeud peuvent être en relation activatrice ou inhibitrice avec lui suivant que les unités de codage qu'ils représentent sont compatibles ou non avec les spécifications de ce noeud. Par exemple, si l'on considère le noeud représentant " F en première position ", il sera en relation activatrice réciproque avec le noeud lexical " FOND " et en relation inhibitrice réciproque avec le noeud " ROND " ainsi qu'avec le noeud alphabétique " R en première position ".



L'activation du système par un stimulus est un processus graduel mettant en jeu une intégration temporelle des signaux par les noeuds concernés aux différents niveaux, et si les tous premiers signaux sont ascendants, très vite des cycles se forment mettant en jeu les signaux de feed-back descendants et le processus d'interaction entre les systèmes de détecteurs.

Le niveau d'activation d'un noeud  $i$  à l'instant  $t$  est représenté par un nombre réel  $a_i(t)$  et l'on a :

$$a_i(t + \Delta t) = a_i(t) - \theta_i(a_i(t) - r_i) + E_i(t)$$

où  $\theta_i$  est un facteur d'oubli et  $r_i$  le niveau de repos du noeud  $i$ .  $E_i(t)$  est l'effet des entrées actuelles sur le noeud  $i$ . Cet effet dépend du bilan "net"  $n_i(t)$  des entrées à l'instant  $t$ , et si  $J$  est l'ensemble des voisins activateurs de  $i$ ,  $K$  l'ensemble de ses voisins inhibiteurs, on a :

$$n_i(t) = \sum_{j \in J} c_{ij} a_j(t) - \sum_{k \in K} c_{ik} a_k(t)$$

où les coefficients  $c_{ij}$  sont des constantes de pondération positives associées aux différentes entrées du détecteur  $i$ .

Mais l'effet des entrées actuelles est modulé en fonction de l'état du détecteur de façon à ce que le niveau d'activation ne soit jamais supérieur à un certain maximum  $M$  ou inférieur à un certain minimum  $m$ , et les auteurs proposent que :

$$E_i(t) = n_i(t) (M - a_i(t)) , \quad \text{si } n_i(t) > 0$$

$$E_i(t) = n_i(t) (a_i(t) - m) , \quad \text{si } n_i(t) < 0$$

c'est-à-dire que l'effet des entrées dans un sens ou dans l'autre est d'autant moins fortement pondéré que le niveau d'activation est proche de la limite concernée.

Il est à remarquer qu'un détecteur ne fournit aucun signal à ses voisins si son propre niveau d'activation n'est pas supérieur à 0 ; c'est-à-dire que la valeur 0 est conventionnellement prise comme valeur seuil de réponse d'une unité (et non comme niveau de repos).

En ce qui concerne la réponse perceptive du système, McClelland et Rumelhart font appel à la notion de "force de la réponse" empruntée à Luce (1959), la force de la réponse  $i$  à l'instant  $t$  étant donnée par :

$$s_i(t) = e^{\mu \bar{a}_i(t)}$$

où  $\mu$  est une constante et où  $\bar{a}_i(t)$  est une moyenne mobile des niveaux d'activation du noeud  $i$  jusqu'à l'instant  $t$  de la forme :

$$\bar{a}_i(t) = \int_{-\infty}^t a_i(x) e^{-(t-x)r} dx$$

Le paramètre  $r$  détermine le poids relatif des informations avec le délai qui les sépare de l'instant  $t$ , c'est-à-dire en fin de compte, le délai critique d'intégration (plus  $r$  est grand, plus courte est la mémoire du processus).

Enfin, la probabilité pour que le sujet donne une réponse basée sur le noeud  $i$  à l'instant  $t$  est donnée par :

$$p(R_i, t) = s_i(t) / \sum_{l \in L} s_l(t)$$

où  $L$  est l'ensemble des noeuds en compétition avec le noeud  $i$ .

On peut trouver que dans l'ensemble, la formulation adoptée par McClelland et Rumelhart est relativement complexe, et la multiplication des paramètres est toujours quelque chose d'un peu gênant dans un modèle dans la mesure où il peut devenir très

vite difficile de déterminer des conditions de falsification du modèle. Cependant, il s'agit ici de simuler le fonctionnement d'une "machine" qui est en réalité probablement bien plus complexe que les modèles qu'on en donne, sinon dans les principes, du moins dans le détail des structures et fonctions du système. Dans ces conditions, il ne faut guère espérer concilier réalisme et concision des descriptions formelles, et les solutions adoptées par les auteurs constituent des moyens termes plus ou moins arbitraires dans le détail des équations, mais dont l'intérêt est de donner une forme calculable, et donc simulable, à un certain nombre de principes de traitement de l'information dont on veut étudier la mise en oeuvre, fût-ce au prix de certaines approximations. On remarquera que les opérations de base sont ici du type sommation pondérée et intégration temporelle des signaux afférents, ce qui ne manque pas d'un certain réalisme neurophysiologique qui ne peut en principe qu'être préféré à l'arbitraire pure et simple.

Les simulations informatiques du fonctionnement du système montrent sa capacité à engendrer une grande variété de phénomènes de façon très conforme à l'observation réelle (voir § 8.2). L'interaction alphabet-lexique permet en particulier d'obtenir les divers effets de contextualisation sur la perception des lettres dans les expériences utilisant la technique de Reicher (1969). Il est en outre très remarquable que les phénomènes de supériorité perceptive liés à la lexicalité du stimulus et ceux qui sont liés à sa simple régularité orthographique soient engendrés exactement par le même processus d'interaction alphabético-lexicale, sans qu'il soit nécessaire d'en appeler à la moindre règle orthographique abstraite ou à une quelconque statistique subjective. De plus,



l'existence d'un effet de supériorité perceptive de stimulus partiellement semblables à des mots, indépendamment de leur régularité orthographique (voir p. 140), semble indiquer que l'interprétation en termes de feed-back lexical de l'ensemble des effets de contexte orthographique est tout-à-fait satisfaisante et peut être considérée comme suffisante jusqu'à preuve du contraire.

Le processus qui engendre les effets du contexte orthographique sur la perception des lettres peut s'analyser de la façon suivante dans le modèle de McClelland et Rumelhart. Lorsqu'une chaîne de caractères est présentée comme stimulus, tous les noeuds lexicaux dont la composition alphabétique est partiellement ou totalement semblable à celle du stimulus vont se trouver activés à un certain degré plus ou moins important suivant les cas. Tous ces noeuds lexicaux vont aussitôt renvoyer des signaux de feed-back sur les noeuds alphabétiques dont l'activation se trouvera renforcée par les feed-backs positifs et diminuée par les feed-backs négatifs.

Dans ces conditions, chaque lettre prise dans un certain contexte orthographique possède un certain nombre "d'amis" et un certain nombre "d'ennemis" lexicaux. Par exemple, la lettre S dans le contexte du mot anglais SHIP comme stimulus possède comme amis le mot SHIP lui même, mais aussi des mots comme SHOP qui contribuent au feed-back positif sur le S. En revanche, des noeuds lexicaux comme CHIP et WHIP sont des ennemis du S dans SHIP dans la mesure où ils sont activés par la séquence -HIP du stimulus mais renvoient un feed-back négatif sur le S. Le résultat d'ensemble dépend du poids relatif des afférences activatrices et inhibitrices (paramètres du modèle) mais aussi du nombre d'amis

et d'ennemis que possède dans le lexique une certaine unité orthographique placée dans un certain contexte. C'est ainsi par exemple qu'il peut exister des groupes de mots ayant en commun certains éléments, et qui tendrons tous à renforcer l'activation de ces éléments par feed-back positif, ce qui entraîne en retour une suractivation des noeuds lexicaux du groupe, et ainsi de suite de façon cyclique, le processus se développant au détriment de mots qui sont étrangers au groupe dans certains cas. McClelland et Rumelhart ont baptisé ce phénomène du nom évocateur "d'effet de gang".

Si l'on considère à présent la bifurcation phonétique, on voit que les effets d'inconsistance, au sens de Glushko (1979), peuvent s'interpréter sans difficulté dans le cadre du modèle comme les effets d'un feed-back lexical négatif provenant de mots orthographiquement semblables au stimulus mais admettant une prononciation différente, de sorte que les unités phonétiques adéquates se trouvent partiellement inhibées par ces "ennemis" lexicaux et sont mises en compétition avec d'autres éventualités phonétiques.

Le modèle de McClelland et Rumelhart est un des modèles les plus élaborés dont on dispose actuellement en matière de lecture des mots et suites de lettres diverses. Il autorise des prédictions expérimentales précises grâce à la simulation informatique et a déjà conduit les auteurs à un certain nombre de résultats très encourageants (cf. Rumelhart et McClelland, 1982). Cependant, on retrouve ici les difficultés que nous avons signalées à propos du modèle de Johnston et McClelland (1980) en ce qui concerne le traitement de l'espace et de la position des lettres.

### 9.5.3 Détection hiérarchique et boucle de vérification :

Nous prenons ici comme exemple le modèle dit "d'activation-vérification" proposé par Paap, Newsome, McDonald et Schvaneveldt (1982). Il s'agit de la combinaison d'un réseau hiérarchique non interactif de détection avec une boucle de test d'hypothèses. La boucle de vérification teste en séquence les hypothèses lexicales sélectionnées par le réseau de détection, ceci dans un ordre qui dépend de la fréquence d'usage des mots et éventuellement de leur congruence sémantique avec le contexte. La nature exacte de l'opération de vérification n'est pas spécifiée dans le modèle, mais il s'agit vraisemblablement d'une sorte de comparaison entre un signal interne et une description élaborée du signal visuel qui ne pourrait être réalisée que lorsque le stimulus est exposé un temps suffisant (250 ms ou plus), la procédure étant "tronquée" dans le cas contraire, c'est-à-dire par exemple en saisie tachystoscopique avec post-masque (fig. 35). Il s'ensuit, dans ce dernier cas, que les effets liés à la fréquence d'usage des mots devraient tendre à disparaître avec la brièveté de la stimulation, ce qui semble effectivement être le cas d'après certains résultats expérimentaux (cf. Paap et Newsome, 1980) mais mériterait d'être vérifié de façon plus systématique.

Le réseau de détection a une structure assez analogue à celle du modèle de Johnston et McClelland (1980), avec un système de canaux d'extraction des lettres à des positions spatiales spécifiques dont les sorties activent des détecteurs de mots. Toutefois, il n'est pas question ici de relations ou connexions inhibitrices entre les unités incompatibles entre elles.



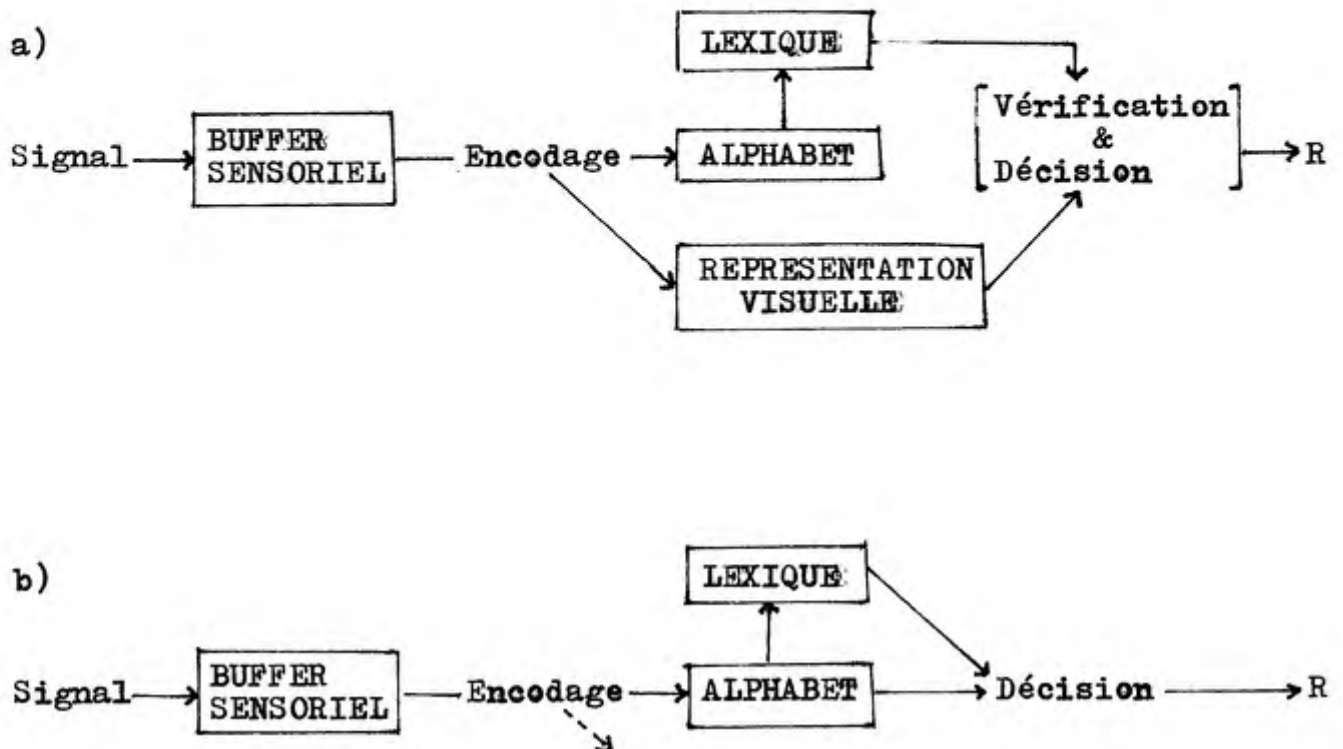


FIGURE 35 : Le modèle d'Activation-Vérification de Paap, Newsome, McDonald et Schvaneveldt (1982).  
En a : lecture d'un signal exposé au moins 250 ms (saisie normale).  
En b : saisie tachystoscopique avec post-masque (pas de vérification).  
Le cas a s'applique à des tâches courantes comme la Décision Lexicale par exemple, et le cas b concerne des situations limites telles que celle où l'on utilise la technique expérimentale de Reicher (1969).

Selon Paap et al. (1982), la fonction intégrative des détecteurs lexicaux est du type moyenne géométrique (des afférences) et cette fonction semble donner au système un comportement beaucoup mieux ajusté aux données expérimentales que d'autres fonctions (moyenne arithmétique par exemple). Les niveaux d'activation sont représentés par des nombres réels compris entre 0 et 1 et les simulations numériques utilisent comme valeurs, au niveau de l'alphabet, des probabilités tirées de matrices de confusions de lettres empiriques, ce qui permet en pratique d'éluder le problème des "traits".

Le système de décision (et de vérification éventuelle) ne prend en compte que les unités lexicales qui répondent au signal par un niveau d'activation supérieur à une certaine valeur seuil. Lorsque la tâche nécessite des décisions concernant les lettres du stimulus, le système de décision peut aussi accéder aux unités du système alphabet et évaluer les niveaux d'activation de ces unités (dont chacune représente, rappelons le, une lettre déterminée à une position déterminée). Les décisions sont supposées basées sur des évidences lexicales lorsque le niveau d'activation global du lexique dépasse un certain critère, et elles sont basées sur des évidences alphabétiques dans le cas contraire.

Les règles de décision utilisées pour prédire les performances dans des expérience utilisant une technique telle que celle de Reicher (1969) (c'est-à-dire la reconnaissance, après stimulation, d'une lettre avec choix forcé entre deux éventualités) sont les suivantes :

la probabilité d'un choix forcé correct est :

$$p(C) = p(L)p(C/L) + p(A)p(C/A)$$

où  $p(L)$  est la probabilité pour que la réponse soit fondée sur des évidences lexicales et  $p(A)$  la probabilité pour qu'elle soit fondée sur des évidences alphabétiques. On a :

$$p(L) = (W_i/W_{\max})^n \quad \text{et} \quad p(A) = 1 - p(L)$$

où  $W_i$  est l'activité lexicale totale pour le stimulus  $i$  ;  $W_{\max}$  est l'activité maximum possible, et  $n$  est un paramètre lié au critère d'utilisation du lexique.

$p(C/L)$  et  $p(C/A)$  sont les probabilités pour que la réponse soit correcte si elle est fondée respectivement sur l'activité lexicale

ou sur l'activité de l'alphabet. On a :

$$p(G/L) = (\sum w_c / \sum w) + .5(\sum w_n / \sum w)$$

$$p(C/A) = (a_c / \sum a) + .5(\sum a_n / \sum a)$$

où  $\sum w$  est l'activité totale du lexique,  $\sum a$  est l'activité totale de l'alphabet,  $\sum w_c$  est l'activité de l'ensemble des détecteurs de mots désignant la lettre correcte dans le choix forcé,  $a_c$  est l'activation du détecteur de cette lettre.  $\sum w_n$  et  $\sum a_n$  représentent l'activité des unités neutres, i.e qui ne désignent aucun des deux éléments du choix forcé.

Les auteurs montrent par simulation que ce système engendre l'effet de supériorité des mots ainsi que l'effet de supériorité des pseudo-mots réguliers sur les non-mots irréguliers, et ici aussi, ces effets résultent purement de l'activité engendrée par les stimulus dans le lexique et non de règles orthographiques abstraites appliquées à un moment ou à un autre. Il est à remarquer que les phénomènes ne dépendent ici d'aucune espèce d'interactivité des processus de détection, mais seulement de la prise en compte de différents niveaux d'intégration du signal lors de la décision de reconnaissance. Cette solution a l'avantage d'autoriser une interprétation facile du contrôle stratégique dont semble effectivement disposer le sujet en ce qui concerne l'utilisation des informations lexicales dans le choix forcé par la technique de Reicher (cf. Holender, 1979; Johnston, 1981; § 7.2 p.115-116). Il suffit ici, pour supprimer l'effet de supériorité des mots, d'augmenter la valeur du paramètre  $n$ , c'est à-dire de modifier le critère d'utilisation du lexique, ce qui fait tendre  $p(L)$  vers 0.



Le modèle "d'Activation-Vérification" de Paap et al. peut paraître plus simple que le modèle "d'Activation-Interaction" de McClelland et Rumelhart du fait qu'il utilise moins de paramètres et aussi moins de connexions dans l'ensemble. De plus, l'hypothèse d'une procédure de vérification est particulièrement commode pour l'interprétation de la plupart des phénomènes liés à la fréquence d'usage des mots (cf. § 8.1). En revanche, l'idée d'interactivité semble plus propice à l'interprétation de phénomènes tels que les effets "d'inconsistance" dégagés par Glushko (1979, et § 6.1), et ainsi que nous l'avons signalé en 8.2 et 9.4.1, la rivalité de fait des modèles ne signifie en rien que les principes de base qu'ils utilisent, comme l'interaction et la vérification, sont incompatibles entre eux, de sorte que l'on verra peut-être un jour surgir un modèle hiérarchique "d'Activation-Interaction-Vérification".

---

#### 9.6 Quelques zones d'ombre théoriques :

Malgré toute l'ingéniosité déployée par les théoriciens de la perception des mots, il faut bien constater qu'un certain nombre d'énigmes importantes que nous pose l'observation restent sans solution et semblent même, pour certaines d'entre elles, aller à l'encontre des conceptions les plus avancées qui nous sont proposées. Parfois, le problème peut admettre une solution rapide et en général parfaitement "ad hoc" dans le cadre d'un modèle relativement souple et adaptable. C'est le cas par exemple des variations systématiques de performances perceptives en fonction de la position sérielle des lettres dans le mot qui ont conduit Rumelhart et McClelland (1982) à des suppositions et ajustements particuliers de paramètres que rien ne justifie a priori dans leur modèle "d'Activation-Interaction" si ce n'est bien sûr la nécessité d'obtenir des données simulées conformes aux données observées. Ceci est légitime et le succès de l'opération suffit à la justifier dans une certaine mesure, mais l'idée initiale d'une extraction simultanée des différentes lettres du mot se trouve très compromise, ce qui n'est pas fait pour nous étonner étant donné ce que nous avons vu au chapitre 7.

Il est également des problèmes qui n'admettent franchement pas de solution dans le cadre des modèles, et puisque les modèles hiérarchiques semblent être actuellement les plus avancés et les mieux argumentés, c'est essentiellement sur eux que nous faisons porter notre discussion. Les modèles hiérarchiques se caractérisent par l'idée suivant laquelle la détection des mots

est médiatisée par celle des lettres qui les composent. Or, ces mêmes modèles sont incompatibles avec des faits observés dans la perception des lettres en dehors de toute considération concernant le lexique. Considérons par exemple "l'effet d'infériorité des lettres répétées" qu'ont trouvé Egeth et Santee (1981) et dont nous avons parlé en 5.1 (p.61-62). Ce phénomène, ainsi que nous l'avons souligné p.195, est incompatible avec l'idée suivant laquelle des lettres ou des caractères identiques occupant des positions distinctes sont traités comme des unités totalement distinctes et autonomes, ce que supposerait pourtant une structure en canaux de positions parallèles et indépendants pour la détection des lettres, structure qui est adoptée dans les divers modèles hiérarchiques actuels. Notons que l'on trouve exactement le même problème avec les phénomènes de masquage séquentiel dont nous avons parlé en 4.4, avec une complication liée à l'introduction du facteur "temps" qui ne modifie cependant pas le fond du problème en ce qui concerne la distribution spatiale des "interactions" entre élément semblables. Une solution possible consisterait à supposer que les canaux de positions ne sont pas indépendants et qu'il existe des connexions inhibitrices entre les détecteurs représentant une même lettre à différentes positions. C'est là une supposition tout-à-fait "ad hoc" mais qui, après tout, en vaut bien une autre et ne coûte que quelques connexions supplémentaires ! Cependant, il nous faudrait aussi expliquer pourquoi, dans les expériences de Logan (1975) dont nous avons parlé en 4.2, le sujet est en mesure d'identifier une lettre cible avant d'être en mesure de la localiser lorsque d'autres lettres sont présen-



tées simultanément dans le champ. Cela pourrait signifier, en extrapolant un peu, qu'à un certain moment du processus d'encodage perceptif, nous ne distinguerions pas entre MARE, AMER, ARME et RAME par exemple. Or le système des canaux de positions utilisé dans les modèles est tel qu'une unité de codage alphabétique est définie à la fois par son identité et par sa position dont elle est indissociable, de sorte que MARE et AMER n'auraient aucune lettre en commun et que MARE et ARME n'auraient en commun que le E (dont on ne sait d'ailleurs pas s'il faudrait le qualifier de "E quatrième position" ou de "E final" !).

Cette fois-ci, la difficulté est sérieuse et les résultats de Logan sont de nature à remettre en cause les structures de base même des modèles, à condition toutefois que ces résultats soient effectivement généralisables à la perception des lettres dans des mots, ce qui n'est pas prouvé. On ne peut en effet pas exclure que les phénomènes observés, qu'il s'agisse de l'effet d'infériorité des lettres répétées ou du décalage temporel de l'identification et de la localisation d'une lettre, résultent de processus d'encodage de l'information relativement tardifs et plus ou moins spécifiquement liés aux tâches expérimentales utilisées. Dans ce cas, le système de détection des lettres et d'accès au lexique ne serait pas en cause et l'idée d'un encodage sous forme d'unités alphabétiques positionnées ("spatially specific letter units", selon les termes de Paap et al., 1982) resterait admissible pour des modèles de reconnaissance des mots. Cependant, s'il devait être prouvé que les phénomènes impliquant une dissociation de l'identité alphabétique et de la position des lettres résultent

de processus intervenant sur le trajet des signaux perceptifs afférents au lexique, alors il faudrait renoncer à l'idée suivant laquelle les unités alphabétiques sont liées à des positions spatiales déterminées dans le système perceptif et imaginer d'autres formes d'encodage de l'information.

Notre contribution expérimentale portera sur les différents points litigieux qui viennent d'être évoqués et sur la recherche de solutions possibles dans le cadre d'une conception analytique de la perception des mots.

---

DEUXIEME PARTIE

Processus d'encodage du signal et accès au lexique :

Recherches expérimentales.



## 10. PRELIMINAIRE ET CONDITIONS GENERALES D'EXPERIMENTATION

Les onze expériences que nous présentons dans cette seconde partie ont été conçues selon trois axes de préoccupations :

- Confirmer la nature analytique de la perception des mots.
- Rechercher les mécanismes perceptifs responsables des "effets sériels" dans la perception des lettres d'un mot.
- Elucider la question des rapports entre le codage des lettres et la détermination de leur position dans le stimulus.

Ces trois problèmes ont été présentés dans la première partie de notre exposé, et les développements que nous leur donnerons à l'issue de nos recherches expérimentales nous conduiront à soupçonner l'existence de liens assez étroits entre le deuxième et le troisième problème, lesquels du reste n'ont de sens qu'en vertu de la solution du premier.

L'ordre dans lequel nous présentons les expériences n'est pas tout-à-fait conforme à l'ordre chronologique dans lequel nous les avons réalisées, l'ordre de présentation choisi étant destiné à faciliter l'exposé et la discussion des résultats principaux et non à retracer les étapes de notre démarche effective. Cependant, certains points particuliers peuvent nécessiter la prise en compte de la chronologie des expériences du fait que les sujets sont toujours les mêmes et que leur niveau d'entraînement aux tâches expérimentales varie avec le temps. Nous précisons donc à chaque fois le rang chronologique de l'expérience exposée précédé du code " Chr. ".

On trouvera dans les ANNEXES de la thèse (tomes séparés) pour chaque expérience :

- . La liste détaillée des stimulus utilisés,
- . Les listings de données brutes contenant les temps de réponse exprimés en millisecondes suivis de l'exactitude des réponses représentée par une variable binaire entre parenthèses après chaque temps ( 1 = exact , 0 = inexact ),
- . Divers tableaux de moyennes et de fréquences,
- . Les listings d'analyse de la variance (voir TRAITEMENT DES DONNEES).

Nous donnons dans ce qui suit les conditions générales qui sont communes à toutes les expériences.

- . SUJETS : 40 étudiants de l'I.U.T de Lannion (17 F. et 23 G.) ayant le français pour langue maternelle et possédant une vue normale ou corrigée à la normale. Les sujets participent régulièrement aux expériences et sont rémunérés pour leur participation. Un seul sujet s'est déclaré gaucher.
- . DISPOSITIF : les expériences sont pilotées à l'aide d'un micro-ordinateur APPLE II équipé d'un dispositif qui permet de synchroniser les opérations d'affichage du calculateur avec le balayage image de la vidéo et autorise l'utilisation du système en tachystoscopie\*. L'affichage des stimulus est réalisé sur un écran cathodique équipé d'un phosphore P4 blanc et peu rémanant. La fréquence image étant de 50 Hz, les temps d'exposition ne peuvent être ajustés avec toute la précision requise que par pas de 20 ms ou multiples de 20 ms en tachystoscopie. Deux touches voisines du clavier APPLE II sont marquées OUI et NON et sont utilisées comme touches de réponse. Les programmes

\* La modification de l'APPLE II est due à P. Devauchelle (CNET).

pilotes d'expérimentation ont été rédigés pour partie en BASIC pour les procédures de gestion relativement lentes, mais les procédures de stimulation et de saisie des données sont rédigées en langage machine 6502 de façon à obtenir des vitesses d'exécution convenables. Les programmes enregistrent les réponses des sujets données au clavier ainsi que les temps de réponse avec une précision de 1 ms.

- **CONDITIONS VISUELLES :** Les caractères sont affichés en blanc avec une luminance de  $70 \text{ cd/m}^2$  sur fond sombre à  $1 \text{ cd/m}^2$ , ce qui représente un contraste proche de .99. Ce sont des caractères majuscules en matrice fixe de  $5 \times 7$  points plus un inter-caractère minimum de 2 points (la matrice est donc de  $7 \times 7$  tout compris) et la chasse d'un caractère est large de 0,5 cm pour 7 points d'écran. La distance moyenne des yeux des sujets à l'écran est d'environ 60 cm.

Nous avons tenté d'estimer les limites de l'empan visuel de saisie en utilisant le modèle proposé par K. O'Regan (1981), et pour lequel on se reportera aussi au § 2.2 p.30 - 32.

On a ici :  $W = 0,5 \text{ cm}$ ,  $d = 60 \text{ cm}$  et  $g = 0,5 / 7 \text{ cm}$ .

Nous prenons d'autre part des valeurs assez "pessimistes" avec :

$$r_0 = .0003 \text{ rad} \quad \text{et} \quad k = .03,$$

ce qui donne une excentricité maximum de :

$$N_{\max} = ((0,5 / 7) - (60 \times .0003)) / (.03 \times 0,5) = 3,56 \text{ chasses.}$$

L'empan visuel de saisie serait donc de 7,12 chasses, c'est à-dire d'environ 7 caractères, dans les conditions que nous utilisons. D'autre part, le fort contraste que nous donnons au signal visuel (.99) permet de ne pas craindre une valeur anormalement forte du coefficient  $k$  (voir § 2.1).

Le centrage du regard sur la zone critique d'affichage des stimulus avant chaque stimulation est facilité par un repère visuel permanent du type "fenêtre d'écran" délimitant la zone. Cette solution a été préférée à l'affichage d'un spot de fixation jugé trop artificiellement contraignant pour le regard et susceptible d'engendrer des effets de "focalisation" indésirables.



- **TRAITEMENT DES DONNEES** : Deux variables dépendantes sont utilisées dans chaque expérience. Ce sont d'une part les temps de réponse qui sont exprimés en millisecondes, et d'autre part l'exactitude des réponses qui est une variable binaire.

Les données ne subissent aucune correction ni transformation et sont soumises brutes à l'analyse de la variance. Les deux variables dépendantes sont considérées comme des observables distinctes et la prise en compte d'un temps de réponse dans l'analyse n'est pas subordonnée à l'exactitude de la réponse donnée par le sujet.

Les analyses de la variance sont réalisées à l'aide du programme **VARIANA** que nous avons rédigé pour le micro-ordinateur **APPLE II**. Ce programme peut analyser tout ensemble de données décrit par un plan quasi-complet équilibré comprenant jusqu'à 8 facteurs, le nombre maximum de données étant limité à 7840 nombres entiers en raison des limites de la capacité mémoire du calculateur. Le programme donne en sortie les tableaux de moyennes à la demande ainsi que la décomposition canonique complète avec, pour chaque source de variation, l'identification de la source, la somme de carrés qui lui est associée, son nombre de degrés de liberté et le carré moyen. Il reste à effectuer une division pour obtenir la valeur de  $F$ , les sources de variation étant choisies conformément à l'algorithme de Tukey habituel. Les comparaisons à un degré de liberté qui ne correspondent pas à des sources de variation de la décomposition canonique sont effectuées en calculant la somme des carrés associée au **contraste entre moyennes correspondant** suivant les procédures usuelles, puis la valeur de  $F$  est calculée de la même façon que pour les sources canoniques. Ces comparaisons ne sont pas prises en charge par le programme et ne figurent donc pas dans les listings de sortie que l'on trouvera dans les **ANNEXES**. On trouvera cependant dans ces listings tous les éléments nécessaires (tableaux de moyennes et dénominateurs de  $F$ ) pour effectuer ou contrôler les calculs en quelques instants à l'aide d'une "calculette". Seuls les résultats principaux sont discutés dans le texte, mais on pourra se reporter aux **ANNEXES** pour un examen exhaustif des données.

## II. COMPTES RENDUS D'EXPERIENCES

### II.1 Expérience I (Chr. 6) : l'analyse séquentielle du mot

#### **PROBLEME :**

Nous avons tenté dans cette expérience de mettre en évidence des effets sériels qui soient interprétables en termes d'analyse séquentielle des suites de lettres formant mots et montrent le rôle de cette analyse au <sup>u</sup>cours même du processus d'identification lexicale du mot stimulus dans des conditions de saisie normales. Nous avons en effet pu constater que les effets sériels sont généralement dégagés dans des conditions de saisie très rapide (tachystoscopie avec ou sans masquage) où l'effet de facteurs purement visuels peut être déterminant sans que les procédures d'encodage normal de l'information soient concernées (voir § 7 ), et les effets du type "périphérie-centre" (courbes sérielles en U) peuvent peut-être simplement résulter des phénomènes de masquage latéral, ainsi que nous l'avons signalé p. 109 . Nous avons également constaté que les tâches expérimentales utilisées ne mettent pas nécessairement en jeu un processus d'identification lexicale (tâches de comparaison ou technique de Reicher), de sorte que lorsqu'on observe des effets sériels sur la perception des lettres du stimulus, on ne peut pas affirmer que ces effets ne résultent pas de processus totalement étrangers à l'accès lexical, même si par ailleurs celui-ci se produit et agit en quelque manière sur les performances du sujet. Nous avons donc cherché une méthode qui permette l'étude d'effets sériels dans la perception des

lettres d'un mot tout en échappant aux objections que nous venons de formuler.

Du point de vue théorique, la question est relativement importante dans la mesure où il n'est nécessaire de postuler l'existence d'un système multi-canaux pour l'extraction des lettres du stimulus que si l'on admet que les différentes lettres sont extraites simultanément. S'il devait être démontré qu'il n'en est rien, cela ne prouverait certes pas qu'il n'y a pas un système multi-canaux, mais nous serions autorisés à imaginer d'autres types de systèmes justifiant mieux le caractère séquentiel de l'analyse du signal.

#### METHODE ET RAISONNEMENT EXPERIMENTAL :

Nous voulons d'une part éviter les conditions de saisie difficiles qui seraient de nature à accentuer l'effet de déterminants purement visuels, ce qui nous impose d'utiliser une technique où le temps d'exposition du stimulus n'est pas limité et où la longueur de ce stimulus reste dans les limites de l'empan visuel de saisie que nous avons estimé à environ 7 lettres dans les conditions de nos expériences. Nous n'utiliserons en fait que des stimulus de 5 lettres pour plus de sécurité. Nous voulons d'autre part que nos observations reflètent des processus intervenant dans l'accès au lexique, ce qui nous incite à utiliser une technique où la réponse du sujet soit logiquement dépendante de l'identification lexicale du stimulus. Nous avons choisi le plus simple et le plus courant des paradigmes expérimentaux répondant à cette exigence, c'est-à-dire la technique de "décision



lexicale" de Rubenstein et al. (1970) où le sujet a pour tâche de juger aussi vite qu'il le peut du caractère lexical ou non lexical d'une suite de lettres qu'on lui présente. Cela suppose que dans certains cas le stimulus est un mot et dans d'autres cas un pseudo-mot, ceci de façon a priori imprévisible pour le sujet. Précisons qu'il est généralement admis que la réponse de non lexicalité est fondée sur l'échec à identifier un mot, soit après une exploration exhaustive infructueuse des entrées du lexique (cf. Rubenstein et al., 1971), soit après un certain délai critique durant lequel aucun mot n'a été identifié à partir du signal (cf. Coltheart, 1978). Ces interprétations semblent convenir tant que les pseudo-mots sont de types réguliers et prononçables, ce qui sera le cas ici.

Il nous faut également trouver un moyen de détecter dans les performances des sujets des variations qui révèlent l'existence éventuelle d'un processus séquentiel d'analyse du stimulus. Pour y parvenir, nous avons songé à observer les phénomènes liés à des confusions entre mots presque identiques à une lettre près, c'est-à-dire des "paragrammes", en fonction du rang de la lettre différenciant ces mots paragrammes. On peut en effet trouver dans la langue des couples de mots paragrammes à différents rangs comme par exemple COEUR et SOEUR au rang 1, FORME et FERME au rang 2, TIGRE et TITRE au rang 3, LOUVE et LOUPE au rang 4, et enfin TRAIN et TRAIT au rang 5. L'idée consiste alors à induire chez le sujet une certaine attente perceptive de l'un des deux mots paragrammes puis à lui présenter l'autre, d'où il devrait résulter une confusion augmentant le temps de réponse dans certains

cas, et si la probabilité de ces confusions est une fonction systématique du rang de la lettre différenciant les deux mots, alors nous aurons obtenu l'effet sériel recherché. Pour détailler le raisonnement, il faut nous situer dans le cadre d'un modèle de l'accès lexical utilisant les principes d'activation et vérification d'hypothèses (voir 9.4 et 9.5.3). Suivant ces conceptions, le processus de confusion de deux mots peut s'analyser comme l'émission prématurée d'une hypothèse lexicale fausse sur la base d'une analyse perceptive incomplète du signal, hypothèse qui doit être vérifiée et rejetée avant que l'hypothèse lexicale correcte soit examinée, d'où l'idée d'un retard d'identification du stimulus en cas de confusion. On sait d'autre part que lorsqu'une hypothèse lexicale a été émise par erreur et rejetée par vérification, l'unité lexicale correspondante tend à subir un effet d'inhibition temporaire qui se traduit par une augmentation particulière du temps de réponse au mot incriminé lorsque celui-ci est effectivement présenté pour identification un instant après (cf. par exemple Davelaar et al., 1978, et § 8.1). Ce phénomène nous fournira un second moyen pour détecter expérimentalement les confusions de mots. Supposons à présent que les lettres du stimulus soient extraites en séquence, par exemple de gauche à droite. Dans ce cas, l'analyse perceptive partielle sur la base de laquelle peut être engendrée une hypothèse lexicale fausse, donc une confusion, consiste en l'extraction des N premières lettres du stimulus. Si ces N premières lettres contiennent la lettre différenciant les deux paragrammes, la confusion sera beaucoup moins probable que si la lettre différenciatrice se trouve au delà de ces N premières

lettres. D'où, en considérant N comme une variable aléatoire prenant ses valeurs à l'intérieur de certaines limites, on trouvera que la probabilité des confusions entre deux paragrammes et les effets observables en résultant augmentent en fonction du rang de la lettre différenciant les mots, sauf peut-être pour les tous premiers rangs de lettres précédant la limite inférieure de N. En revanche, si nous supposons que l'extraction des lettres du stimulus est réalisée en parallèle, il n'y a a priori aucune raison d'observer des effets sériels orientés de gauche à droite, mais il n'est toutefois pas impossible que nous observions des effets orientés de la périphérie vers le centre (ou inversement !) car les déterminants visuels (acuité, masquage latéral entre caractères etc.) peuvent induire des retards d'identification de certaines lettres par rapport à d'autres dans le stimulus.

Il nous reste à préciser le moyen d'induire chez le sujet l'attente perceptive de l'un des deux paragrammes plutôt que de l'autre, ce qui nous permet de créer et de contrôler expérimentalement les phénomènes de confusion. On aurait en principe pu utiliser la fréquence d'usage relative des deux paragrammes dont on sait qu'elle joue un rôle déterminant dans l'ordre d'évaluation des hypothèses lexicales (cf. Rubenstein et al., 1971, Davelaar et al., 1978). Cependant, il n'est pas facile de trouver dans la langue un nombre suffisant de couples de mots paragrammes, surtout pour les rangs terminaux (4 et 5), dont les deux termes présentent de surcroît un écart de fréquence d'usage notable. Nous avons donc choisi d'utiliser un moyen de contrôle expérimental plus direct du niveau d'attente perceptive relative des deux termes.



Il s'agit simplement d'utiliser l'effet d'auto-facilitation d'un stimulus lorsque celui-ci est présenté plusieurs fois au cours de l'expérience (cf. Scarborough et al., 1977). Cet effet est tel que le temps nécessaire à l'identification d'un mot (ou d'un pseudo-mot du reste) diminue lorsque le même stimulus a déjà été présenté au sujet quelques essais plus tôt, ce qui laisse supposer que la lecture d'un item induit un état de "disponibilité" particulière de cet item dans les processus perceptifs. Sans entrer dans les détails d'une interprétation théorique du phénomène, il est clair que nous disposons là d'un moyen de contrôler le niveau d'attente perceptive d'un item relativement à un autre. Il nous suffit en effet de présenter une ou plusieurs fois l'un des deux paragrammes au cours de l'expérience, puis de présenter l'autre, et l'on devrait pouvoir obtenir des confusions, c'est-à-dire une augmentation du temps de réponse au second paragramme présenté par rapport au cas où on ne l'a pas fait précéder du premier. Si de plus nous présentons une nouvelle fois le premier des deux paragrammes après avoir provoqué une confusion (du moins dans les cas où elle peut se produire), nous devons observer une augmentation du temps de réponse par rapport à la dernière présentation de cet item, ou plus exactement, on observera la résultante de la combinaison de l'effet d'auto-facilitation avec l'effet d'inhibition engendré par la confusion. Cependant, la composante de facilitation ne dépend pas, en principe, des confusions éventuelles, alors que la composante d'inhibition en dépend directement, de sorte que nous devrions observer les mêmes effets sériels sur les deux types de retards de réponse étudiés.

#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Un essai expérimental débute par un signal sonore qui prévient le sujet 500 millisecondes avant l'affichage du stimulus, puis le stimulus est affiché dans la fenêtre d'écran délimitée par le repère visuel permanent (voir CONDITIONS VISUELLES p. 215). Le chronométrage débute aussitôt et le stimulus reste affiché jusqu'à ce que le sujet fournisse sa réponse en appuyant le plus rapidement possible sur la touche marquée "OUI" si le stimulus est un mot ou sur la touche marquée "NON" si le stimulus est un pseudo-mot. La réponse est fournie avec l'index de la main droite et le sujet ramène son doigt dans une position neutre (entre les deux touches) après chaque réponse. Dès l'appui d'une touche, le stimulus est effacé de l'écran, le temps de réponse et la réponse sont enregistrés par le calculateur pilote et l'essai suivant débute environ 3 secondes plus tard.

La passation est individuelle et se subdivise en quatre blocs de 54 essais chacun, les quatre premiers essais de chaque bloc étant des essais non expérimentaux de mise en train. Entre deux blocs, le sujet dispose d'un temps de repos dont il fixe lui-même la durée (30 secondes à 1 minute en général).

Les 50 essais expérimentaux d'un bloc résultent d'un mélange aléatoire de 10 séries de 5 essais chacune, 5 séries étant des séries de mots et les 5 séries restantes étant des séries de pseudo-mots. Il est à noter que les différents essais d'une même série sont aléatoirement séparés par des essais d'autres séries en nombre variable et imprévisible. De plus, la structure de l'insertion des séries les unes dans les autres est aléatoirement

variable d'un bloc à un autre (en considérant les séries expérimentalement équivalentes des différents blocs), et elle est aussi aléatoirement variable d'un sujet à un autre.

Une série est construite à partir de deux stimulus paragrammes qui sont soit deux mots, soit deux pseudo-mots (il n'y a pas de série mixte) qui ne se différencient que par une lettre à un rang donnée. Chacune des 5 séries de mots et chacune des 5 séries de pseudo-mots d'un bloc correspond à un couple de paragrammes à un rang déterminé de la lettre différenciatrice. Chaque rang de lettre critique est donc représenté dans deux séries par bloc, une série lexicale et une autre non lexicale. Au cours des trois premiers essais d'une série, on présente l'un des deux paragrammes, puis au quatrième essai de la série, on présente l'autre paragramme du couple. Enfin, au cinquième essai de la série, on présente à nouveau le premier des deux paragrammes. L'item qui apparaît quatre fois dans la série est dit "dominant" et celui qui n'apparaît qu'une fois est dit "paragramme interférant" (notons qu'en fait, c'est l'item dominant qui est interférant à l'essai 4, et l'item "paragramme interférant" ne tient ce rôle éventuellement qu'à l'essai 5 de la série). Les rôles des deux items paragrammes sont inversés pour la moitié des sujets, ce qui définit deux groupes de 20 sujets et autorise la comparaison des performances moyennes obtenues au quatrième essai des séries avec celles obtenues aux autres essais. Les stimulus ont été répartis dans les blocs de façon à limiter autant que possible les similitudes accidentelles entre items de séries différentes dans un même bloc. Toutefois, il n'y a pas là de solution parfaite, d'autant que la "similitude" de deux mots n'est pas chose facile à définir.



VARIABLES DÉPENDANTES :

L'exactitude des réponses est ici une observable de moindre intérêt dans la mesure où la procédure utilisée engendre très peu d'erreurs. Cette variable ne donnera donc lieu qu'à des examens de contrôle.

Les variables dépendantes principales sont le temps de réponse (en millisecondes) et le "retard de réponse" (en millisecondes positives ou négatives) qui est dérivé des temps par soustraction de deux temps de réponse. Nous étudierons le retard de réponse au quatrième essai des séries par rapport au premier essai, ce retard représentant l'effet immédiat des confusions lorsqu'elles se produisent. Nous étudierons également le retard de réponse au cinquième essai des séries par rapport au troisième essai, retard qui correspond à l'effet d'inhibition de l'item dominant consécutivement à une éventuelle confusion avec le paragramme interférant au quatrième essai. A noter qu'un retard négatif correspond à un effet de facilitation (accélération de la réponse).

FACTEURS :

Facteurs aléatoires :

I ou B<sub>4</sub> = "Items stimulus" ou "Bloc" (confondus)

S<sub>40</sub> = Sujets

Facteur secondaire :

G<sub>2</sub> = Groupes de sujets correspondant à l'une ou l'autre des assignations de rôles (dominant v.s paragramme interférant) à chacun des items paragrammes des couples.  
NB: Le groupe 1 correspond à l'assignation indiquée dans l'ANNEXE et le groupe 2 à l'assignation inverse.

Facteurs principaux :

$E_5$  = Essai de la série =  $\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$  , les essais étant ici désignés dans l'ordre.  
Cependant, dans les plans d'analyse,  $E_5$  sera réduit à  $E_3$  ou  $E_2$  avec  $E_3 = \{E_1, E_2, E_3\}$  et  $E_2 = \{E_1, E_4\}$  ou  $E_2 = \{E_3, E_5\}$  .

$L_5$  = Rang de la lettre différenciatrice des paragrammes (de  $L_1$  à  $L_5$  dans l'ordre de gauche à droite).

$M_2$  = Statut lexical des stimulus =  $\{\text{Mot} , \text{Pseudo-Mot}\}$  .

PLANS D'ANALYSE :

Analyse de l'effet d'auto-facilitation sur les différents stimulus:

$$I_4 \langle E_3 * L_5 * M_2 \rangle * S_{20} \langle G_2 \rangle$$

Comparaison de  $E_1$  et  $E_4$  ou de  $E_3$  et  $E_5$  suivant  $L$  :

$$I_4 \langle E_2 * L_5 \rangle * S_{20} \langle G_2 \rangle$$

avec analyses séparées pour les mots et les pseudo-mots.

Analyse des retards de réponse ( $E_4-E_1$  ou  $E_5-E_3$ ) suivant  $L$  :

$$I_4 \langle L_5 \rangle * S_{20} \langle G_2 \rangle \quad (\text{où } I \text{ peut être remplacé par } B \text{ dans les listings en ANNEXE)}$$

avec analyses séparées pour les mots et les pseudo-mots.

NB : Cette dernière analyse permet d'examiner en particulier la régression linéaire des retards en fonction du rang de la lettre différenciant les paragrammes.

HYPOTHESES :

Les hypothèses principales concernent naturellement les effets sériels dans l'analyse des retards de réponse, cependant nous contrôlerons également le processus d'auto-facilitation.

H1 : Les temps de réponse diminuent entre le premier et le troisième essai de chaque série.

H2 : Le retard de réponse du quatrième essai des séries par rapport au premier est une fonction croissante du rang de la lettre différenciatrice des deux paragrammes de la série. La fonction n'est pas nécessairement strictement croissante pour les premiers rangs.

H3 : Le retard de réponse du cinquième essai des séries par rapport au troisième est une fonction croissante du rang de la lettre différenciatrice des deux paragrammes de la série. La fonction n'est pas nécessairement strictement croissante pour les premiers rangs.

H4 : Les profils des courbes sérielles des retards de réponse sont analogues pour les deux types de retards étudiés.

Ces hypothèses concernent essentiellement les stimulus lexicaux et sont justifiées par les considérations exposées p. 218-222 (METHODE ET RAISONNEMENT EXPERIMENTAL) en supposant que les lettres d'un mot sont extraites du stimulus en séquence de gauche à droite et que des hypothèses lexicales sont émises sur la base d'une analyse partielle du signal puis soumises à une procédure de vérification (test d'hypothèses) dans un ordre qui est fonction de leur conformité aux attentes du système de reconnaissance des mots.



## RESULTATS :

### Evolution des performances en fonction des essais et du statut lexical :

Les résultats présentés ici montrent l'évolution des performances de décision lexicale (temps et exactitude) en fonction du rang des essais dans les séries et du statut des items sans tenir compte du rang de la lettre différenciant les paragrammes de chaque série. Les temps de réponse moyens (ms) et les pourcentages de réponses exactes sont indiqués dans le tableau 2.

ESSAI STATUT	1 (Dom.)	2 (Dom.)	3 (Dom.)	4 (Par.)	5 (Dom.)
MOT	653 (95%)	563 (99%)	549 (99%)	681 (94%)	549 (99%)
NON-MOT	718 (97%)	666 (97%)	634 (98%)	677 (98%)	631 (98%)

TABLEAU 2 : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de réponses exactes (entre parenthèses) en fonction des essais dans les séries et du statut lexical des stimulus. L'abréviation " Dom. " signifie " item dominant de la série ", et " Par. " signifie " item paragramme interférant ".

On peut constater que les temps de réponse diminuent avec la répétition des stimulus de l'essai 1 à l'essai 3 des séries de mots et de pseudo-mots ( $F(2;76) = 83,5 : p < .001$ ) ce qui confirme H1 et donc l'effet d'auto-facilitation. D'autre part, on a sur les trois premiers essais des séries un classique effet

lié au statut du stimulus tel que la réponse "MOT" est plus rapide que la réponse "NON-MOT" ( $F(1;38) = 132,72 : p < .001$ ), ainsi qu'une interaction entre les essais et le statut lexical des stimulus ( $F(2;76) = 7,34 : p < .002$ ), interaction qui est telle que l'effet d'auto-facilitation est plus important et aussi sensiblement plus immédiat pour les mots que pour les pseudo-mots. Cette interaction suggère que les processus qui sont responsables de l'effet d'auto-facilitation ne sont peut-être pas les mêmes en ce qui concerne les mots et les pseudo-mots. Il s'agit en effet pour ces derniers d'un processus d'apprentissage perceptif incident à propos duquel du reste nous ne nous risquons pas à des hypothèses plus avancées. En revanche, en ce qui concerne les mots, on peut songer à des phénomènes d'activation résiduelle des unités de détection lexicales (cf. Davelaar et al., 1978) ou à un abaissement des seuils de réponse de ces unités (cf. Morton, 1980). On peut également constater, en ce qui concerne les mots, que le temps de réponse moyen à l'essai 4 (c'est-à-dire à l'item paragramme de la série) est plus long que le temps de réponse moyen à l'essai 1 ( $F(1;38) = 11,11 : p < .002$ ). Les performances à ces essais peuvent être comparées puisque les moyennes pour l'ensemble de l'expérience sont obtenues avec les mêmes items présentés le même nombre de fois à l'un ou l'autre essai. Il s'agit donc ici d'un effet d'interférence de l'item dominant sur l'item paragramme de la série qui engendre un retard de réponse à l'essai 4 (où l'item paragramme est vu pour la première fois par un sujet donné, comme l'item dominant l'est à l'essai 1).

En revanche, si l'on considère les pseudo-mots, le temps de réponse à l'item paragramme de l'essai 4 est en moyenne plus court que le temps de réponse à l'essai 1 ( $F(1;38) = 25,22; p < .001$ ). Ceci indique un effet de facilitation induit par l'item dominant pour la perception de son paragramme, contrairement à ce qui se produit lorsque les stimulus sont des mots. Nous nous trouvons donc renforcés dans l'idée suivant laquelle les processus en jeu dans le traitement des pseudo-mots sont ici distincts de ceux qui sont en jeu dans le traitement des mots. Il semble en particulier que le phénomène d'interférence à l'essai 4 soit spécifiquement lié au processus d'accès lexical.

Enfin, on ne constate en moyenne aucune différence significative dans les temps de réponse aux essais 3 et 5, qu'il s'agisse de mots ou de pseudo-mots ( $F(1;38) < 1$  dans les deux cas). En ce qui concerne les mots, ceci pourrait peut-être signifier qu'en moyenne, l'effet d'auto-facilitation de l'essai 3 à l'essai 5 équilibre une éventuelle conséquence négative de l'essai 4. Cette interprétation, un peu hasardeuse pour l'instant, se trouvera confirmée lorsque nous examinerons les effets sériels liés à la position de la lettre différenciant les paragrammes.

Variations des retards de réponse en fonction du rang sériel de la lettre différenciant les paragrammes d'une série d'essais:

Les résultats exposés ici concernent les temps et retards de réponse à l'essai 4 par rapport à l'essai 1 des séries pour les mots (Tableau 3.a) et pour les pseudo-mots (Tableau 3.b), ainsi qu'à l'essai 5 par rapport à l'essai 3 des séries pour



les mots (Tableau 4.a) et pour les pseudo-mots (Tableau 4.b), en fonction du rang de la lettre différenciant les deux items paragrammes utilisés dans chaque série d'essais.

	RANG DE LA LETTRE DIFFERENTE				
	RANG 1	RANG 2	RANG 3	RANG 4	RANG 5
ESSAI 1	642 (98%)	640 (96%)	630 (99%)	688 (93%)	663 (91%)
ESSAI 4	657 (98%)	659 (96%)	638 (98%)	713 (92%)	737 (86%)
RETARD	15 ms	19 ms	8 ms	25 ms	74 ms

TABLEAU 3.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de réponses exactes (entre parenthèses) pour les stimulus lexicaux à l'essai 1 et à l'essai 4 des séries en fonction du rang de la lettre différenciant les deux paragrammes. La dernière ligne représente les retards de réponse moyens (ms) à l'essai 4 par rapport à l'essai 1.

	RANG DE LA LETTRE DIFFERENTE				
	RANG 1	RANG 2	RANG 3	RANG 4	RANG 5
ESSAI 1	690 (99%)	730 (95%)	699 (99%)	755 (97%)	715 (97%)
ESSAI 4	640 (99%)	703 (96%)	638 (99%)	720 (99%)	682 (98%)
RETARD	-50 ms	-27 ms	-61 ms	-34 ms	-33 ms

TABLEAU 3.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de réponses exactes (entre parenthèses) pour les pseudo-mots à l'essai 1 et à l'essai 4 des séries en fonction du rang de la lettre différenciant les deux paragrammes. Les retards de réponse à l'essai 4 par rapport à l'essai 1 sont ici tous négatifs, i.e la réponse à l'essai 4 est facilitée par rapport à l'essai 1.

On peut constater dans le tableau 3.a que le retard de réponse pour le mot paragramme à l'essai 4 varie en fonction du rang de la lettre le différenciant du mot dominant la série. La variation du retard en fonction du rang de la lettre différente est globalement significative ( $F(4;152) = 2,42 : p < .05$ ) et on en extrait en outre une composante linéaire également significative ( $F(1;152) = 5,30 : p < .03$ ). La droite de régression a pour équation :  $\hat{R} = 12,31 L - 8,95$ , où  $\hat{R}$  est le retard de réponse estimé par la régression linéaire (en ms) et où  $L$  est le rang de la lettre différente dans les paragrammes. Ceci montre que dans l'ensemble, le retard de réponse est une fonction croissante du rang de la lettre différente (le coefficient de pente est positif) et tend donc à confirmer notre hypothèse H2. Cependant, il est clair que la composante linéaire ne rend pas compte de la totalité de l'effet et la fonction pourrait avoir une croissance positivement accélérée (donc conforme à H2) s'il ne semblait y avoir un minimum au rang 3 où le retard n'est que de 8 ms. Mais ce minimum apparent ne se différencie pas significativement des retards observés aux rangs 1 et 2 ( $F(1;152) < 1$ ), de sorte que la fonction pourrait tout aussi bien être constante du rang 1 au rang 3, ce qui ne contredit pas l'hypothèse H2. En ce qui concerne les pseudo-mots (Tab. 3.b), les retards à l'essai 4 sont tous négatifs et leur variation en fonction du rang de la lettre différente présente un profil assez irrégulier correspondant à un effet global non significatif ( $F(4;152) = 1,09 : p < .36$ ). Il semble donc que le retard positif et fonction croissante du rang de la lettre différenciant les paragrammes ne s'observe au quatrième essai qu'avec des stimulus lexicaux.

	RANG DE LA LETTRE DIFFERENTE				
	RANG 1	RANG 2	RANG 3	RANG 4	RANG 5
ESSAI 3	551 (100%)	554 (99%)	546 (99%)	539 (99%)	553 (98%)
ESSAI 5	535 (100%)	545 (99%)	542 (99%)	554 (99%)	567 (99%)
RETARD	-16 ms	-9 ms	-4 ms	15 ms	14 ms

TABLEAU 4.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de réponses exactes (entre parenthèses) pour les stimulus lexicaux à l'essai 3 et à l'essai 5 des séries (item dominant avant et après la présentation de l'item paragramme) en fonction du rang de la lettre différenciant les deux paragrammes de la série. La dernière ligne représente les retards de réponse moyens (ms) à l'essai 5 par rapport à l'essai 3.

	RANG DE LA LETTRE DIFFERENTE				
	RANG 1	RANG 2	RANG 3	RANG 4	RANG 5
ESSAI 3	617 (98%)	645 (98%)	623 (98%)	662 (98%)	624 (98%)
ESSAI 5	613 (99%)	663 (98%)	617 (99%)	640 (97%)	622 (98%)
RETARD	-4 ms	18 ms	-6 ms	-22 ms	-2 ms

TABLEAU 4.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de réponses exactes (entre parenthèses) pour les pseudo-mots à l'essai 3 et à l'essai 5 des séries en fonction du rang de la lettre différenciant l'item dominant de l'item paragramme présenté à l'essai 4. La dernière ligne représente les retards de réponse moyens (ms) à l'essai 5 par rapport à l'essai 3.

L'examen du tableau 4.a montre que le retard de réponse à l'essai 5 pour les séries de mots varie en fonction du rang de la lettre différenciant le mot dominant du mot paragramme présenté au



quatrième essai de la série. Globalement, l'effet du rang de la lettre différente sur le retard de réponse n'est pas significatif ( $F(4;152) = 1,86 : p < .12$ ), mais on extrait un effet de régression linéaire significatif ( $F(1;152) = 6,65 : p < .01$ ). La droite de régression a pour équation :  $\hat{R} = 8,5 L - 26$ ,  $\hat{R}$  étant la valeur du retard de réponse estimée par la régression linéaire (en ms) et L étant le rang de la lettre différenciant les deux mots paragrammes de la série. Il semble donc que le retard de réponse à l'essai 5 des séries de mots (par rapport à l'essai 3) est une fonction croissante du rang de la lettre différenciant les paragrammes, ce qui confirme notre hypothèse H3. Les résultats montrent qu'un effet retardateur s'oppose à l'effet facilitateur d'autant plus que la lettre différente est plus à droite des stimulus, d'où il résulte un retard moyen nul si on ne tient pas compte du rang de la lettre différente, les deux effets s'équilibrant en moyenne. Cependant, l'hypothèse de linéarité de la fonction semble ici acceptable alors qu'elle ne l'est visiblement pas pour le retard de réponse à l'essai 4 des séries. En effet, les deux fonctions sont croissantes mais elles présentent des profils très différents, de sorte que notre hypothèse H4 ne reçoit pas de confirmation et que la nature des rapports entre le retard à l'essai 4 et le retard à l'essai 5 des séries se trouve obscurcie.

En ce qui concerne les pseudo-mots (Tab. 4.b), la variation du retard de réponse à l'essai 5 en fonction du rang de la lettre différente semble adopter la forme d'un "tilda" avec un maximum au rang 2 et un minimum au rang 4. Cependant, l'effet n'est globalement pas significatif ( $F(4;152) = 1,33 : p < .27$ ).

## DISCUSSION :

Nous nous heurtons à une difficulté en ce qui concerne la nature exacte du retard observé au cinquième essai des séries de mots paragrammes "à droite". Nous avions en effet prévu ce retard de réponse en tant que conséquence directe des confusions se produisant au quatrième essai, de sorte que les deux courbes de retards (à l'essai 4 et à l'essai 5 des séries) en fonction du rang de la lettre différenciant les paragrammes auraient en principe dû présenter des profils assez semblables. Or il semble que ce n'est pas le cas, et il est donc possible que le retard de réponse à l'essai 5 des séries de mots relève d'un autre phénomène que la réaction d'inhibition après une confusion que nous pensions observer. Il s'agit peut-être d'un phénomène lié à un processus de compétition directe entre les deux unités paragrammes récemment activées dans le lexique et réactivées à l'essai 5 toutes les deux par le stimulus dans les cas de paragramme à droite. En fait, nous n'avons pas la possibilité de trancher cette question ici, mais il est un fait tout-à-fait clair que ce phénomène dont nous ne saisissons pas la nature exacte engendre un effet de retard de réponse croissant en fonction du rang de la lettre différenciant les paragrammes. Nous avons d'autre part également observé une fonction croissante pour le retard à l'essai 4, de sorte qu'il ne fait pas de doute qu'il y a dans la perception du mot "quelque chose" qui varie de gauche à droite et que ce "quelque chose" intervient dans le processus de discrimination des mots de façon telle que deux

mots sont mieux discriminés par la perception lorsqu'ils sont différents à gauche plutôt que lorsqu'ils ne sont différents qu'à droite. Nos suppositions initiales à ce sujet ne se trouvent pas mises en difficulté et une interprétation en termes d'extraction séquentielle de gauche à droite des lettres du stimulus semble convenir si l'on s'en tient à la perception des mots de la langue. Toutefois, nous avons remarqué que les effets orientés de gauche à droite n'apparaissent pas lorsque les stimulus ne sont pas lexicaux, ce qui, notons le, tend à inverser les observations habituelles en matière d'effets sériels sur les mots et non-mots (cf. Henderson et Henderson, 1975; Silverman, 1976 ). Il se trouve que notre interprétation en termes d'extraction séquentielle des lettres du stimulus pour les mots n'a de sens que si l'on peut faire l'hypothèse que le même processus s'applique aussi au pseudo-mots, sans quoi il faudrait supposer que le sujet procède à une "décision lexicale" avant d'analyser le stimulus de façon appropriée pour enfin nous dire s'il s'agit d'un mot ou d'un pseudo-mot, ce qui n'a guère de sens. Il est d'autre part clair que si nous devions admettre que les stimulus non lexicaux ne sont pas analysés séquentiellement, il nous faudrait chercher une autre interprétation pour les effets sériels observés sur les mots et admettre que le phénomène relève spécifiquement du codage lexical de l'information plutôt que d'une extraction en séquence des lettres.

Supposons donc que les lettres du stimulus sont extraites en séquence de gauche à droite : pourquoi alors n'observe-t-on pas d'effet sériel dans le cas des pseudo-mots ?



La réponse peut être très simple si l'on remarque que l'on n'observe pas non plus sur les pseudo-mots d'effets d'interférence ou de confusion induisant des retards de réponse. Ces effets relèvent des processus même d'accès au lexique où des items lexicaux sont mis en compétition les uns avec les autres pour finalement aboutir à une réponse d'identification unique. Il semble que le traitement d'items non lexicaux ne s'opère pas sur ce mode concurrentiel, et nous avons même trouvé à l'inverse un effet de "transfert" positif entre items paragrammes. Dans ces conditions, la raison pour laquelle nous n'observons pas d'effets sériels sur les pseudo-mots est bien simple à comprendre : nous ne disposons, dans cette expérience, d'aucun moyen de mettre en évidence de tels effets sur des pseudo-mots puisque nous utilisons, comme "révélateurs", des phénomènes de concurrence entre items.

Il reste qu'il serait préférable pour nos conclusions que l'on puisse trouver des effets sériels sur des stimulus non lexicaux avec des moyens d'observation appropriés. La littérature expérimentale ne manque pas de résultats allant dans ce sens, ainsi que nous l'avons signalé un peu plus haut (voir aussi § 7.).

11.2 Expérience 2 (Chr.13) : Ordre d'encodage et encodage de l'ordre des caractères.

PROBLEMES :

L'organisation de cette expérience nous permet d'aborder deux problèmes distincts, le premier étant directement relié aux interrogations soulevées par l'expérience 1 en ce qui concerne l'éventualité d'un encodage séquentiel des caractères composant un stimulus non lexical, et le second représentant une première approche des questions relatives à la détermination de la position des lettres dans la perception des mots. En ce qui concerne le premier problème, nous voulons fournir une démonstration aussi directe que possible du caractère séquentiel de l'extraction des caractères d'une chaîne de caractères quelconque en supposant que cette extraction procède de gauche à droite. Ainsi que nous l'avons signalé, la littérature expérimentale contient déjà une certaine variété d'observations allant dans ce sens (voir § 7.) et il s'agit ici plutôt d'une vérification que d'une démonstration à proprement parler.

Pour ce qui est du second problème, nous visons une remise en cause de l'idée suivant laquelle les unités de codage orthographique utilisées par la perception sont des lettres positionnées ainsi que le soutiennent les modèles les plus récents de la perception des lettres et des mots (cf. Johnston et McClelland, 1980; McClelland et Rumelhart, 1981 ; Paap et al., 1982; § 9.5 et § 9.6). Nous voulons évaluer ici l'idée suivant laquelle les

lettres sont encodées par la perception comme des unités abstraites sans position (des unités "délocalisées" dirons-nous) et utilisées sous cette forme pour accéder au lexique. Cette idée nous est plus particulièrement suggérée par certains résultats obtenus par Logan (1975, et cf. § 4.2) montrant que dans certaines conditions, l'identité d'une lettre stimulus peut être connue du sujet alors que sa position ne l'est pas.

D'autre part, le voisinage dans cette expérience des questions d'ordre d'encodage des lettres et du problème de la délocalisation des unités de codage alphabétiques est relativement heureux, bien que fortuit, dans la mesure où l'on ne peut guère envisager une perception "délocalisée" des lettres s'il n'existe pas par ailleurs un moyen d'encoder leur ordre dans le stimulus, faute de quoi des anagrammes seraient totalement indiscernables. Or, il se trouve qu'un encodage séquentiel des éléments constitue précisément un moyen de recoder sur l'axe du temps un ordre initialement spatial, de sorte que les unités de codage elles-mêmes peuvent être indépendantes de toute localisation mais cependant ordonnées par la chronologie de leur extraction du stimulus, c'est-à-dire que les relations spatiales "gauche-droite" seraient transformées en relations temporelles "avant-après".

#### PROCEDURE ET MATERIEL :

Nous utilisons ici une technique de présentation tachystoscopique des stimulus avec post-masquage visuel. Un essai débute par un signal sonore qui prévient le sujet 500 ms avant l'affichage du stimulus. Puis le stimulus est affiché pendant 40 milli-



secondes dans la fenêtre d'écran servant de repère visuel. Enfin, le stimulus est remplacé par un damier noir et blanc dont les carreaux mesurent deux points d'écran de côté, ce qui assure un masquage visuel du stimulus efficace. Le masque reste affiché jusqu'à ce que le sujet fournisse une réponse en appuyant sur l'une ou l'autre des deux touches de réponse du clavier du calculateur pilote. L'essai suivant débute environ 3 secondes après la réponse du sujet.

Les stimulus sont des chaînes de 4 caractères qui peuvent être soit 4 caractères alphabétiques représentant des lettres, soit 3 caractères alphabétiques plus un caractère mathématique ou informatique étranger à l'alphabet latin (voir le détail en ANNEXE). Dans ce dernier cas, le caractère non alphabétique peut occuper l'une des 4 positions sérielles dans le stimulus et l'on a 10 stimulus distincts contenant un caractère non alphabétique pour chacune des positions possibles, soit un total de 40 stimulus contenant un caractère non alphabétique.

Les différents caractères non alphabétiques utilisés sont représentés le même nombre de fois à chacune des positions possibles. Lorsque le stimulus est entièrement constitué de caractères alphabétiques, il peut être soit une anagramme d'un mot de la langue (mais jamais un mot réel), soit une suite de lettres dont aucune permutation ne pourrait former un mot français. Pour les anagrammes de mots, nous avons utilisé trois structures ordinales distinctes que nous représenterons par des suites de 4 chiffres, chaque chiffre représentant la position

sérielle de la lettre dans le mot source, et la position du chiffre correspondant à la position de la lettre dans l'anagramme. Nous avons dans l'expérience trois types d'anagrammes qui sont les anagrammes 4321 (ex : CNAB pour BANC) qui correspondent à l'ordre inverse des lettres du mot source, les anagrammes 2413 (ex : USOR pour OURS) où aucun voisinage de lettres du mot source n'est respecté, et enfin les anagrammes 1423 (ex: CPAM pour CAMP) où les deux lettres extrémales précèdent les deux lettres médianes et où en outre la première lettre est à sa place normale. Il y a parmi les stimulus expérimentaux 10 occurrences de chacun des trois types d'anagrammes de mots et 10 occurrences de suites de lettres non anagrammes de mots (voir matériel en ANNEXE). Nous avons en outre utilisé 40 stimulus non expérimentaux représentant 5 occurrences de chacun des cas de figures possibles comme stimulus d'entraînement au début de chaque passation. Les stimulus expérimentaux sont présentés dans un ordre aléatoire aléatoirement variable d'un sujet à un autre.

La tâche du sujet consiste à **juger** le plus exactement et le plus rapidement possible de la nature alphabétique de la totalité des caractères composant le stimulus qui lui a été présenté. Le sujet doit appuyer sur la touche "OUI" si tous les caractères du stimulus lui semblent **être** des lettres de l'alphabet latin, et il doit appuyer sur la touche "NON" s'il pense que le stimulus contenait un ou plusieurs caractères ne désignant pas une lettre de l'alphabet. Pour la commodité des discussions, nous désignerons cette tâche sous le nom de "Décision Alphabétique".

#### VARIABLES DEPENDANTES :

Puisque la saisie est tachystoscopique, l'exactitude des réponses est ici la variable dépendante principale et les erreurs sont des indications de "ce qui n'a pas pu être traité" à l'issue de la brève stimulation de 40 ms. L'expérience montre cependant que le temps de réponse peut aussi être une observable d'intérêt dans ces conditions et qu'il permet parfois de confirmer ou de désambigüiser des résultats obtenus avec l'exactitude des réponses.

#### FACTEURS ET PLANS D'ANALYSE :

Facteurs aléatoires :

$S_{40}$  = Sujets

$I_{40}$  = Items

Facteurs expérimentaux:

$P_4$  = Position du caractère non alphabétique =  $\{P1, P2, P3, P4\}$

$A_4$  = Type d'anagramme de mot =  $\{\text{Non Anagramme, 4321, 2413, 1423}\}$

Plans :

$I_{10} \langle P_4 \rangle * S_{40}$  : pour les items non entièrement alphabétiques .

$I_{10} \langle A_4 \rangle * S_{40}$  : pour les items entièrement alphabétiques .

#### HYPOTHESES :

H1: Un caractère non alphabétique est d'autant moins probablement détecté par le sujet qu'il est plus à droite dans le stimulus.

H2: Il existe un effet de supériorité perceptive des anagrammes de mots sur les stimulus non anagrammes de mots.



L'hypothèse H1 admet une justification évidente si l'on suppose que les caractères sont extraits du stimulus en séquence de gauche à droite.

L'hypothèse H2 est beaucoup plus aventureuse puisqu'il s'agit de dégager un effet analogue à un "effet de supériorité des mots" plus ou moins atténué à partir d'anagrammes de mots. Un éventuel succès de cette entreprise démontrerait la possibilité d'activer des unités lexicales à partir d'unités de codage orthographiques (lettres) non positionnées.

#### RESULTATS :

##### Items contenant un caractère non alphabétique :

Les variations du temps de réponse et du pourcentage de réponses exactes (décisions alphabétiques négatives) en fonction de la position sérielle du caractère non alphabétique dans le stimulus figurent dans le tableau 5.

	POSITION DU CARACTERE NON ALPHABETIQUE			
	RANG 1	RANG 2	RANG 3	RANG 4
TEMPS (ms)	683	682	693	732
EXACTITUDE (%)	76	75	64	66

TABLEAU 5 : Variation du temps de réponse et du pourcentage de réponses exactes (décisions alphabétiques négatives) en fonction de la position sérielle du caractère non alphabétique dans le stimulus.

En ce qui concerne les temps de réponse, l'effet de la position du caractère non alphabétique est globalement significatif par rapport aux sujets ( $F(3;117) = 3,46 : p < .02$ ) mais non par rapport aux items ( $F(3;36) = 1,58 : p < .22$ ). On extrait un effet de régression linéaire significatif par rapport aux sujets et tendanciel par rapport aux items ( $F(1;117) = 7,85 : p < .006$  et  $F(1;36) = 3,59 : p < .07$ ). La droite de régression a pour équation :  $\hat{T} = 15,8 P + 658$ , où  $\hat{T}$  est le temps de réponse estimé par la régression linéaire et  $P$  la position sérielle du caractère non alphabétique dans le stimulus. Le temps de réponse tend à augmenter avec  $P$  et l'on a donc un coefficient de pente positif. En ce qui concerne l'exactitude des réponses, l'effet de la position sérielle du caractère non alphabétique est globalement significatif par rapport aux sujets ( $F(3;117) = 9,22 : p < .001$ ) mais non par rapport aux items ( $F(3;36) = 2,11 : p < .12$ ). On extrait un effet de régression linéaire significatif par rapport aux deux sources aléatoires possibles ( $F(1;117) = 20,64 : p < .001$  et  $F(1;36) = 4,72 : p < .04$ ). La droite de régression a pour équation :  $\hat{f}(E) = -.041 P + .805$ , où  $\hat{f}(E)$  est la fréquence des réponses exactes estimée par la régression linéaire et où  $P$  est toujours le rang de l'élément non alphabétique dans le stimulus. On voit donc que la probabilité des réponses exactes est une fonction décroissante (le coefficient de pente est ici négatif) du rang du caractère non alphabétique dans le stimulus, ce qui confirme notre hypothèse H1 et donc l'existence probable d'un processus séquentiel d'extraction des caractères opérant de gauche à droite.

Items entièrement alphabétiques :

Les temps de réponse moyens et les pourcentages de réponses exactes (décisions alphabétiques positives) pour les trois types d'anagrammes de mots et les stimulus contrôles non anagrammes de mots figurent dans le tableau 6.

	CONTROLES	ANAGRAMMES DE MOTS		
	NON ANA.	ANA.4321	ANA.2413	ANA.1423
TEMPS (ms)	750	721	700	699
EXACTITUDE (%)	80,5	85,25	86,5	85,75

TABLEAU 6 : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de réponses exactes (décisions positives) suivant le type de chaîne de caractères alphabétiques.

Le temps de réponse moyen aux anagrammes de mots est de 707 ms, soit 43 ms de moins que le temps de réponse moyen aux items contrôles non anagrammes de mots de la langue. Cet écart est significatif par rapport aux sujets ( $F(1;117) = 5,47 : p < .025$ ) et tendanciel par rapport aux items ( $F(1;36) = 3,68 : p < .07$ ). Les temps de réponse aux différents types d'anagrammes de mots ne se différencient pas significativement.

Le pourcentage de réponses exactes pour les anagrammes de mots est en moyenne de 85,83 %, soit 5,33 % de mieux que les items contrôles. L'écart est significatif par rapport aux sujets ( $F(1;117) = 5,94 : p < .02$ ), mais ne l'est pas par rapport aux items ( $F(1;36) = 1,89 : p < .18$ ). Les différents types d'anagrammes



de mots ne donnent pas lieu à des pourcentages de décisions alphabétiques exactes significativement différents.

Il est ici assez ennuyeux que pour aucune des deux variables dépendantes, l'éventuel "effet de supériorité des anagrammes de mots" ne soit significatif par rapport aux deux sources aléatoires. En effet, la source aléatoire intégrant le facteur "Items" est à prendre en considération dans cette expérience du fait que nous n'avons pu appliquer aucun plan de contrebalancement de l'éventuel effet parasite des listes d'items. Dans ces conditions, il n'est pas impossible qu'une liste contienne des stimulus relativement "équivoques" en plus grand nombre que les autres listes et que ceci nous ait échappé, induisant un effet artefactuel. Nous ne nous estimons donc pas en droit de conclure à la validité de notre hypothèse H2 bien que les résultats aillent dans l'ensemble dans le sens d'une confirmation de cette hypothèse.

#### CONCLUSIONS :

La confirmation de la première hypothèse de cette expérience complétant les résultats de l'expérience 1 nous incite à considérer comme fondée l'hypothèse suivant laquelle le lecteur extrait les composants des chaînes de caractères, lexicales ou non, en séquence et de gauche à droite.

D'autre part, si nous n'avons pas pu démontrer convenablement dans cette expérience le caractère "délocalisé" de l'encodage des lettres, les résultats nous invitent cependant à poursuivre dans ce sens, avec peut-être une méthode plus appropriée.

### 11.3 Expérience 3 (Chr.2) : L'infériorité perceptive des lettres répétées (1).

#### PROBLEME :

Rappelons que "l'effet d'infériorité des lettres répétées" est tel que deux lettres ou caractères alphabétiques identiques présentés côte à côte un bref instant sont moins facilement identifiés par le sujet que deux lettres ou caractères distincts présentés dans les mêmes conditions (cf. Bjork et Murray, 1977 ; Egeth et Santee, 1981 ; § 5.1 ). Ainsi que nous l'avons signalé en 9.6 , ce phénomène est incompatible avec l'idée suivant laquelle l'extraction des différentes lettres du stimulus est réalisée par un ensemble de canaux parallèles et indépendants affectés aux différentes positions spatiales. Cette conception suppose en effet l'indépendance des unités de codage orthographiques se trouvant à des positions spatiales distinctes, fût-ce des unités alphabétiquement identiques. Cependant, l'effet d'infériorité des lettres répétées n'a jusqu'à présent été observé que sur l'identification tachystoscopique de lettres en couples et rien ne nous autorise à affirmer que les processus qui engendrent ce phénomène ont un quelconque rapport avec les processus d'analyse des mots. C'est là une question à laquelle nous nous efforcerons de répondre à l'issue de cette expérience et nous tenterons en outre de montrer que le phénomène intervient à d'autres niveaux d'encodage que des niveaux purement visuels. En effet, les observations de Egeth et Santee (1981) laissent

supposer que l'effet d'infériorité des lettres répétées est engendré non seulement par des processus d'analyse visuels, mais également au niveau de représentations abstraites des unités alphabétiques (cf. § 5.1 ). La présente expérience doit donc être l'occasion de fournir une nouvelle démonstration du caractère analytique de la perception des mots.

#### TECHNIQUE DE PRE-MASQUAGE :

La technique expérimentale que nous présentons ici est celle que nous utiliserons dans toutes les expériences qu'il nous reste à exposer dans cette seconde partie (Expériences 3 à 11). Aussi cette présentation donne-t-elle les caractéristiques générales de la technique, ce qui nous évitera de nous répéter dans l'exposé des expériences suivantes.

Un essai expérimental débute par un signal sonore qui prévient le sujet 500 ms avant l'affichage du premier stimulus. Puis un premier stimulus, dit "pré-masque" ou encore "amorce", est affiché dans la fenêtre d'écran (servant de repère visuel) durant 40 millisecondes. Ce premier stimulus est ensuite remplacé par un second stimulus, dit "cible", qui peut être soit un mot, soit un pseudo-mot et qui est toujours composé de 4 lettres (avec éventuellement un ou deux caractères non alphabétiques en supplément sur les côtés dans certaines expériences où nous le préciserons). La "cible" reste affichée durant 40 millisecondes, puis elle est remplacée par un post-masque visuel composé d'une suite de caractères non alphabétiques identiques couvrant toutes



les positions où peut être affiché un caractère (composant de pré-masque ou de cible) au cours de l'expérience. Les caractères du post-masque sont des dièses ( # ) pour les expériences 3 et 4, et des étoiles ( \* ) pour les autres expériences. Notons que le mot ou pseudo-mot cible est toujours positionné de la même façon, c'est-à-dire centré, aussi bien par rapport à la fenêtre d'écran que par rapport au post-masque dans une expérience, et les ajouts latéraux éventuels n'entraînent aucune modification du centrage de la suite de lettres cible. Ceci nous permet de numérotter les positions de façon stable, ce qui facilitera les descriptions et discussions ultérieures, les positions 1, 2, 3 et 4 correspondant aux positions d'affichage des lettres de la cible ordonnées de gauche à droite, et les positions 0 et 5 correspondant respectivement aux positions extérieures gauche et droite normalement occupées par des espacements vides. Le post-masque reste affiché jusqu'à ce que le sujet fournisse une réponse en appuyant sur l'une des deux touches prévues à cet effet. La tâche du sujet est de juger "le plus exactement possible et sans perdre inutilement du temps", selon les termes de la consigne, de la lexicalité du stimulus cible, c'est-à-dire le second affiché, en ignorant autant que faire se peut le premier des deux stimulus qui, précisons le, n'est jamais un mot de la langue. La réponse est en principe fournie avec l'index de la main droite avec retour à une position neutre après chaque appui, mais en fait, certains sujets préfèrent assigner l'index à une touche et le majeur à l'autre, ce qui ne nous a pas paru poser problème. La touche marquée "OUI" correspond à la réponse "mot"

et la touche marquée "NON" à la réponse "non-mot".

Lors des premiers essais d'une passation, les sujets ont de grosses difficultés à saisir l'information utile, mais au bout de quelques essais, surtout pour les expériences où les sujets ont déjà de l'entraînement, la tâche devient réalisable avec des niveaux de performances convenables, soit environ 75 % de réponses correctes en moyenne générale. Pour cette raison, chaque passation dans chaque expérience est introduite par une série de 40 essais non expérimentaux pour la mise en train des sujets. Les essais tests sont ensuite présentés "dans la foulée" dans un ordre toujours aléatoire et aléatoirement variable d'un sujet à un autre, deux essais successifs étant séparés par un délai de 3 secondes.

Les principales manipulations qu'autorise cette technique portent surtout sur le pré-masque dont on peut faire varier les caractéristiques propres ou les relations avec la cible, ce qui peut entraîner des variations systématiques de la nature ou de l'intensité de l'effet de pré-masquage que l'on peut détecter dans les performances du sujet. Les effets observables résultant des interactions perceptives entre le pré-masque et la cible, et les réponses étant logiquement dépendantes d'un processus d'accès lexical, nous pouvons supposer que nos manipulations du pré-masque produisent leurs effets sur des structures et processus impliqués dans l'accès au lexique. D'autre part, les temporisations très courtes utilisées (40 ms) nous permettent de saisir expérimentalement des interactions perceptives très précoces et fugaces. Enfin, l'effet de masquage

rétroactif de la cible sur le pré-masque est normalement plus puissant que l'effet de masquage proactif du pré-masque sur la cible. Quant'à l'effet du post-masque non alphabétique, il est relativement limité en ce qui concerne les cibles lexicales puisqu'il ne contient pas de lettres (cf. Johnston et McClelland, 1980). Il s'ensuit que des deux stimulus (pré-masque et cible), c'est en principe le second qui est le mieux perçu et il est même assez fréquent que le premier ne soit pas "vu" par le sujet (entendons par là que le sujet peut dans certains cas, après la stimulation, être en mesure de dire ce qu'était le second stimulus sans avoir remarqué la présence d'un premier stimulus). Ceci est à signaler dans la mesure où, s'il arrive que le sujet ne soit en mesure de juger que l'un des deux stimulus, c'est en principe la cible qui sera jugée et non l'amorce. De plus, la faible "visibilité" du pré-masque autorise à faire certaines manipulations sans que celles-ci ne soient remarquées par les sujets.

#### MATERIEL :

Pour cette expérience, nous utilisons comme cibles 40 mots et 40 pseudo-mots réguliers construits à partir de vrais mots par substitution d'une lettre à une autre sur les quatre. Nous ne comptons pas ici les 40 stimulus d'entraînement supplémentaires, mais ainsi que nous l'avons signalé, il y a toujours un tel supplément pour toutes les expériences utilisant la technique de pré-masquage. Il y a quatre types de pré-masques,



ces types étant définis par le croisement de deux facteurs à deux modalités chacun. Le pré-masque peut être composé de caractères alphabétiques ou de caractères non alphabétiques, ce qui constitue le premier facteur, et le pré-masque peut être composé de quatre caractères différents ou de quatre caractères identiques, ce qui constitue le second facteur. Tous les pré-masques ont une charge visuelle de 52 points d'écran, la répartition de ces points entre les positions étant forcément homogène lorsque les quatre caractères sont identiques, on a veillé, lorsque les caractères sont différents, à ce que chaque répartition des points entre caractères alphabétiques trouve dans l'expérience son équivalent avec des caractères non alphabétiques pour le même stimulus cible. Aucune des lettres de la cible ne peut se trouver dans le pré-masque et on a en outre veillé à ce que les caractères du pré-masque et de la cible apparaissant à une même position ne présentent pas des recouvrements importants (comme C et O par exemple). L'ensemble de ces contraintes a considérablement restreint les possibilités, compte tenu de celles du générateur de caractères de notre système, et la construction automatique (par programme) des pré-masques fait en particulier ressortir le fait que nous ne pouvons utiliser pour les pré-masques à quatre caractères identiques que les lettres C, X et V pour les caractères alphabétiques, et le caractère % pour les non alphabétiques. Pour les pré-masques à quatre caractères différents, l'éventail est un peu plus large pour les lettres et l'on est limité à %, &, = et \* pour les caractères non alphabétiques. Les caractères du pré-masque sont affichés aux positions 1, 2, 3 et 4 (positions des lettres de la cible).

Il y a dix occurrences de chaque type de pré-masque pour chaque type de cible (mot ou non-mot) et les listes de dix items cibles correspondantes sont croisées en carré latin avec les types de pré-masques, ce qui définit quatre groupes de sujets pour l'expérience (voir matériel en ANNEXE). Il résulte de ce carré latin que pour l'ensemble de l'expérience, chaque item cible est présenté avec chaque type de pré-masque le même nombre de fois, et nous n'avons donc pas à craindre de biais lié aux listes d'items en ce qui concerne l'effet des types de pré-masques.

#### FACTEURS ET PLAN D'ANALYSE :

Les réponses aux stimulus lexicaux et non lexicaux sont analysées séparément et il n'y a donc pas de facteur lié au statut lexical du stimulus cible.

#### Facteurs aléatoires :

$S_{40}$  = Sujets

$I_{40}$  = Items

#### Facteur secondaire :

$G_4$  = Groupe de sujets du carré latin (i.e assignation des listes d'items cibles aux types de pré-masques).

#### Facteurs principaux :

$A_2$  = Catégorie des caractères du pré-masque  
= {Alphabétiques, Non Alphabétiques}

$D_2$  = Similitude des caractères du pré-masque  
= {Caractères Différents, Caractères Identiques}

Plan d'analyse :

$$I_{10} \langle D_2 * A_2 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$$

HYPOTHESES :

Si nous supposons que le système de traitement des mots possède une structure hiérarchique avec en particulier un niveau de codage des unités alphabétiques interposé entre le système visuel et les structures d'accès au lexique, et si nous supposons en outre que les phénomènes de masquage perceptif proactif trouvent leur origine dans le fonctionnement de ce système, ainsi que cela semble être le cas pour les phénomènes de masquage rétroactif (cf. Johnston et McClelland, 1980, et § 4.3), alors un pré-masque composé de caractères alphabétiques interfère avec le traitement d'un mot cible à au moins un niveau de plus qu'un pré-masque composé de caractères non alphabétiques, de sorte que l'on est conduit à l'hypothèse :

H1 : L'identification des mots est plus difficile avec un pré-masque alphabétique qu'avec un pré-masque non alphabétique (ce qui se traduit aisément en termes de performances observables).

D'autre part si nous supposons que l'effet d'infériorité des lettres répétées relève également du système de traitement des mots, alors un pré-masque composé de quatre caractères alphabétiques identiques doit être affaibli, et donc moins masquant pour le mot cible qu'un pré-masque composé de quatre lettres distinctes. Encore nous faut il vérifier qu'il s'agit bien d'un effet d'infériorité des lettres répétées et non d'un effet de



caractéristiques visuelles particulières liées à la répétition d'un motif géométrique unique dans le pré-masque. Ceci nous conduit à formuler la seconde hypothèse :

H2 : L'identification des mots est plus facile avec un pré-masque constitué de caractères identiques plutôt qu'avec un pré-masque constitué de caractères différents au moins lorsque les caractères sont alphabétiques, et l'écart est plus important dans ce cas plutôt que lorsque les caractères du pré-masque ne sont pas alphabétiques (H2 prédit donc une interaction D.A.).

#### RESULTATS :

Le tableau 7.a présente les pourcentages de réponses exactes et le tableau 7.b les temps de réponse moyens pour les stimulus cibles lexicaux. Les tableaux 8.a et 8.b présentent les résultats pour les cibles non lexicales.

	CARACTERES DIFFERENTS	DU IDENTIQUES	PRE-MASQUE
ALPHABETIQUES	61,25 %	77 %	69,125 %
NON ALPHABET.	90,5 %	91,125 %	90,875 %
	75,825 %	84,125 %	

TABLEAU 7.a : Pourcentage de décisions lexicales positives pour les stimulus lexicaux en fonction du type de pre-masque.

On peut constater dans le tableau 7.a que les mots sont mieux identifiés avec un pré-masque non alphabétique plutôt qu'avec un pré-masque alphabétique ( $F(1;36) = 79,44 : p < .001$  ).

Ce résultat confirme notre Hypothèse H1 et donc la médiation de codes alphabétiques dans la perception des mots.

On constate d'autre part une interaction entre la catégorie et la similitude des caractères du pré-masque, interaction dont la structure est conforme à notre hypothèse H2 et qui est significative ( $F(1;36) = 13,38 : p < .001$ ). Nous avons donc obtenu un effet d'infériorité des lettres répétées du pré-masque, effet qui se manifeste ici par la supériorité de l'identification lexicale du mot cible.

	CARACTERES DIFFERENTS	DU PRE-MASQUE IDENTIQUES	
ALPHABETIQUES	779	754	767
NON ALPHABET.	697	681	689
	738	718	

TABLEAU 7.b : Temps de réponse moyen (ms) pour les stimulus cibles lexicaux en fonction du type de pré-masque.

En ce qui concerne les temps de réponse aux cibles lexicales, on peut constater dans le tableau 7.b que les réponses sont plus lentes avec un pré-masque alphabétique ( $F(1;36) = 16,07 : p < .001$ ). Les pré-masques à caractères identiques tendent à entraîner des temps de réponse plus courts mais l'effet n'est pas significatif au seuil habituel de .05 ( $F(1;36) = 2,87 : p < .10$ ). Enfin, on n'observe pas d'interaction entre la catégorie et la similitude des caractères du pré-masque ( $F(1;36) < 1$ ). La structure des temps de réponse n'est donc pas équivalente à celle

des pourcentages de réponses exactes, et il n'y a pas d'effet d'infériorité des lettres répétées portant sur les temps de réponses, alors qu'il pourrait y avoir un certain effet de la répétition des caractères (alphabétiques ou non). Ceci ne remet pas en cause la conclusion établie à partir du pourcentage de de réponses exactes qui est par elle-même suffisante, d'autant que l'effet d'infériorité des lettres répétées a toujours été observé sur l'exactitude et non sur les temps (cf. Egeth et Santee, 1981). Cependant, reconnaissons que cette différence de comportement entre les deux variables dépendantes mériterait sans doute réflexion et plus ample information.

	CARACTERES DIFFERENTS	DU IDENTIQUES	PRE-MASQUE
ALPHABETIQUES	87,75 %	83 %	85,375 %
NON ALPHABET.	79,5 %	79,75 %	79,625 %
	83,625 %	81,375 %	

TABEAU 8.a : Pourcentage de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque.

En ce qui concerne les cibles non-mots, les pourcentages de réponses exactes tendent à adopter une structure "en miroir" de celle des pourcentages d'exactitude pour les cibles mots. Ceci signifie simplement que la probabilité des réponses "mot" varie en fonction des types de pré-masques de la même façon pour les cibles mots et pour les cibles non lexicales qui, rappelons le, sont des



paragrammes de vrais mots. Autrement dit, les conditions de perception sont telles que moins le pré-masque est masquant, plus il est probable qu'un pseudo-mot soit confondu avec son paragramme lexical. On pourrait dire, de manière plus suggestive, qu'en ce qui concerne les pseudo-mots, il vaut mieux ne rien voir plutôt qu'en voir juste assez pour se tromper et pas assez pour reconnaître son erreur.

	CARACTERES DU PRE-MASQUE		
	DIFFERENTS	IDENTIQUES	
ALPHABETIQUES	795	837	816
NON ALPHABET.	923	851	887
	859	844	

TABLEAU 8.b : Temps de réponse moyens (ms) pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque.

#### CONCLUSIONS :

Les deux hypothèses de l'expérience se sont trouvées vérifiées sur les performances perceptives d'exactitude, ce qui confirme que la perception des mots est médiatisée par celle des lettres qui les composent et que la perception des ces lettres relève de structures de traitement de l'information compatibles avec "l'effet d'infériorité des lettres répétées".

11.4 Expérience 4 (Chr.3) : L'infériorité perceptive des lettres répétées (2).

PROBLEME :

Ayant constaté, dans l'expérience 3, que l'effet masquant d'un pré-masque composé de quatre caractères alphabétiques identiques est très inférieur à celui d'un pré-masque composé de quatre lettres différentes, nous nous sommes demandé s'il serait possible que l'effet de masque de quatre lettres identiques se ramène à l'effet de masque d'une seule lettre, ce qui, si tel était le cas, orienterait notre interprétation de ces phénomènes vers l'idée qu'une seule et même unité perceptive (par exemple un "noeud", au sens de McClelland et Rumelhart, 1981) serait impliquée dans le codage des différentes occurrences d'une même lettre quelle que soit leur position dans le stimulus. Notons cependant que même si cette hypothèse théorique est correcte, il faut bien supposer que le système perceptif dispose d'un moyen de distinguer différentes occurrences d'une même lettre, sans quoi nous ne serions pas en mesure de distinguer une lettre de son redoublement, alors que la distinction est pertinente dans la langue écrite (ex: FILE v.s FILLE ). L'extraction séquentielle des unités alphabétiques du stimulus, dont nous avons parlé dans les expériences 1 et 2, pourrait éventuellement constituer un moyen de distinguer plusieurs occurrences d'une même lettre, la répétition spatiale de l'unité alphabétique pouvant alors être traduite par le système sous la forme d'une répétition dans le temps, ou d'un allongement, ou encore d'une intensification de

la réponse de l'analyseur perceptif concerné. On voit donc qu'il est a priori peu raisonnable d'espérer observer une équivalence perceptive de quatre occurrences d'une lettre avec une seule, quelle que soit par ailleurs la structure du système perceptif. Nous avons cependant cédé à la curiosité de tenter l'expérience car un éventuel succès, pour improbable qu'il soit, constituerait naturellement un argument expérimental très fort en faveur de l'idée suivant laquelle l'unité alphabétique dans la perception est la lettre et non la lettre positionnée.

#### MATERIEL ET PROCEDURE :

La procédure est identique à celle de l'expérience 3 et l'on a appliqué à la construction des stimulus exactement les mêmes principes et contraintes qu'à ceux de l'expérience 3, à ceci près que les mots et pseudo-mots cibles ne sont pas les mêmes (autres listes d'items) et que l'on a remplacé dans chaque pré-masque non alphabétique le premier caractère par un caractère alphabétique de même charge visuelle (le matériel ayant été initialement construit pour répliquer l'expérience 3). On a donc quatre types de pré-masques dont deux sont identiques aux deux types "alphabétiques" de l'expérience 3 (lettres différentes et lettres identiques) et nous permettront de reproduire certains résultats. Les deux autres types de pré-masques sont formés d'une lettre suivie de trois caractères non alphabétiques différents pour un type et identiques pour l'autre. La distinction de ces deux derniers types n'a guère qu'un intérêt méthodologique dans la mesure où les répartitions de charges visuelles entre



les quatre caractères du pré-masque peuvent être appareillées avec celles des deux types de pré-masques entièrement alphabétiques.

#### FACTEURS ET PLAN D'ANALYSE :

les facteurs sont semblables à ceux de l'expérience 3 mais on a remplacé le croisement des deux facteurs principaux par un facteur principal unique à quatre modalités :

$$A_4 = \text{Type de pré-masque} = \{ A1, A2, A3, A4 \}$$

avec :

A1 = Quatre lettres différentes

A2 = Quatre lettres identiques

A3 = Une lettre suivie de trois caractères différents

A4 = Une lettre suivie de trois caractères identiques

Le plan d'analyse est donc :

$$I_{10} \langle A_4 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$$

(Pour le facteur G, voir les assignations de listes d'items cibles aux types de masques en ANNEXE).

#### HYPOTHESES :

H1: Nous pensons naturellement reproduire les résultats de l'expérience 3 en ce qui concerne les pré-masques de type A1 et A2, i.e. plus de décisions lexicales correctes sur les mots avec A2 plutôt qu'avec A1.

H2: Nous cherchons le résultat :  $A2 = A3 = A4$ , pour l'exactitude des réponses (l'alternative donnant :  $A2 < A3 = A4$ ).

# RESULTATS :

Les résultats concernant les cibles lexicales figurent dans le tableau 9 et ceux concernant les cibles non lexicales dans le tableau 10.

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	A1	A2	A3	A4
TEMPS (ms)	724	716	668	666
EXACTITUDE (%)	66,5	78,5	83,5	83,75

TABLEAU 9 : Temps de réponse moyen (ms) et pourcentage de réponses exactes pour les cibles lexicales suivant le type de pré-masque.

On peut voir dans le tableau 9 que les résultats de l'expérience 3 en ce qui concerne l'effet des pré-masques entièrement alphabétiques (A1 et A2) sur la perception des mots sont convenablement reproduits avec un écart significatif pour l'exactitude des réponses ( $F(1;108) = 15,28 : p < .001$ ) entre A1 et A2, et un écart non significatif pour les temps de réponse ( $F(1;108) < 1$ ). Les performances d'exactitude sont inférieures d'environ 5 % avec un pré-masque contenant quatre lettres identiques par rapport aux pré-masques ne contenant qu'une seule lettre, l'écart entre le type A2 et le groupe A3 et A4 étant tendanciel et presque significatif ( $F(1;108) = 3,72 : p < .06$ ). De plus, les temps de réponse montrent que la réponse est toujours plus rapide lorsqu'il n'y a qu'une seule lettre dans le pré-masque, et la comparaison A1 et A2 contre A3 et A4 est significative ( $F(1;108) = 19,68 : p < .001$ ).

Il semble donc que notre hypothèse H2 doive raisonnablement être rejetée et nous devons constater que quatre occurrences d'une même lettre ont sur les mots un effet masquant sensiblement plus important qu'une seule occurrence de cette lettre.

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	A1	A2	A3	A4
TEMPS (ms)	795	811	839	818
EXACTITUDE (%)	84,25	79,75	72,25	75,75

TABLEAU 10 : Temps de réponse moyen (ms) et pourcentage de réponses exactes pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque.

#### CONCLUSIONS :

Nous n'avons pas obtenu l'argument fort que nous cherchions en faveur de l'idée suivant laquelle il n'y aurait qu'un seul analyseur spécialisé par lettre de l'alphabet dans le système perceptif. Ainsi que nous l'avions indiqué, cet échec assez prévisible ne constitue en rien un argument contre l'idée que nous souhaitons évaluer, cependant, il nous faut admettre qu'à un certain stade du processus de traitement du signal, la perception distingue différentes occurrences d'une même lettre par un moyen ou par un autre. Il est également possible que l'effet de masque alphabétique admette une composante locale à un niveau de traitement relativement proche du système visuel où les unités géométriques composant le stimulus sont probablement représentées de façon "locale".



11.5 Expérience 5 (Chr.12) : Substitutions locales et délocalisées de lettres.

PROBLEMES :

L'organisation de cette expérience va nous permettre d'aborder plusieurs questions dont la principale motive le titre de ce compte rendu. Il s'agit de déterminer si l'encodage des lettres d'un mot est un encodage local, du type de celui qu'on obtient avec un système de canaux parallèles et des unités de codage alphabétiques positionnées, ou s'il s'agit d'un encodage plus abstrait et délocalisé faisant appel à des unités de codage définies par l'identité alphabétique des éléments indépendamment de leur positionnement dans le mot. C'est là un problème que nous avons déjà abordé de façon plus ou moins spécifique dans les expériences précédentes sans parvenir à un résultat décisif. La procédure employée nous permettra en outre de réaliser une étude complémentaire concernant les effets sériels dans la perception des lettres d'un mot. Ainsi que nous l'avons vu avec les expériences 1 et 2, il est probable que les lettres d'un mot sont extraites du signal en séquence suivant une procédure opérant généralement de gauche à droite, ou du moins peut-on dire que cette orientation semble être dominante même si la procédure n'est pas absolument figée. Dans ces conditions, on peut supposer que les lettres initiales d'un mot jouent un rôle prédominant dans le processus d'émission des hypothèses lexicales par le système perceptif, ce que semblent indiquer les résultats de l'expérience 1 et que nous nous efforcerons de vérifier ici

par une autre méthode. Nous tenterons également d'évaluer l'hypothèse proposée par Budohoska et al. (1975) suivant laquelle les effets sériels dans la perception des suites de lettres seraient liés à des processus d'encodage verbal de l'information (cf. § 3.1). Nous nous trouvons ici dans des conditions de perception rapide où l'usage de codes verbaux est peu probable (cf. § 6.3), mais il n'est finalement pas impossible a priori qu'un encodage de type phonétique soit réalisé par un retraitement relativement tardif de l'information saisie, ainsi du reste que le suggèrent Budohoska et al. (1975), et soit responsable de la production des effets sériels. Toutefois, il s'agit ici d'identifier lexicalement des mots et non de restituer l'identité de lettres individuelles comme dans l'expérience de Budohoska et al. où les deux lettres présentées doivent probablement être encodées une par une sous une forme mémorisable ou préparant la réponse. Dans le cas présent, nous n'avons aucune raison particulière de penser que les effets sériels observables dans la perception des mots sont liés à un encodage verbal des lettres individuelles, mais il n'est pas impossible<sup>9e</sup> que les effets sériels soient généralement liés à des processus d'encodage phonétique du signal. Nous tenterons donc ici de détecter expérimentalement l'usage éventuel de codes phonétiques par le sujet en même temps que la présence d'effets sériels sur les différentes lettres du stimulus.

#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous utiliserons la technique de pré-masquage décrite précédemment (p. 248-251) avec des mots et pseudo-mots cibles de

quatre lettres et des pré-masques de quatre caractères occupant les positions 1, 2, 3 et 4, chaque pré-masque contenant une seule lettre de l'alphabet à l'une des quatre positions et les les trois positions restantes étant occupées par des caractères non alphabétiques (&). La description des stimulus et de leur organisation est un peu complexe du fait que l'expérience se subdivise en trois sous-expériences dont chacune a sa structure propre, ces trois sous-expériences ayant été combinées en une seule passation pour chaque sujet en raison de la compatibilité et de la complémentarité des matériels stimulus en regard des diverses exigences méthodologiques. Nous décrirons donc séparément les matériels pour chaque sous-expérience après avoir sommairement décrit l'ensemble ici. Outre les 40 stimulus d'entraînement, nous utiliserons 6 listes distinctes de 10 mots cibles chacune, ainsi que 8 listes distinctes de 5 pseudo-mots cibles chacune. L'ensemble des matériels stimulus est présenté en ANNEXE (sauf les stimulus d'entraînement) avec une organisation spatiale qui facilitera peut-être la lecture de ce qui suit.

Première sous-expérience : Cibles non lexicales et pré-masques

Ce matériel correspond au tiers inférieur des listings de stimulus de l'ANNEXE. Les pseudo-mots cibles sont au nombre de 40 (soit 8 listes de 5) et sont tous construits à partir d'un ensemble de 20 mots français de quatre lettres. 20 des pseudo-mots sont obtenus par substitution à la première lettre des mots d'une lettre rendant le stimulus non lexical. Ce sont donc des paragrammes de mots au rang 1 et ils correspondent aux deux colonnes de gauche dans les listings. Les 20 autres pseudo-mots



sont des paragrammes des mêmes mots, mais au rang 4, c'est-à-dire la dernière lettre, et ils correspondent aux deux colonnes de droite des listings. Les colonnes marquées "MOT" correspondent à des couples "pré-masque + cible" tels que la lettre que contient le pré-masque correspond à la lettre du mot source qui a été modifiée. Il y a 10 couples de cette sorte pour chacun des deux rangs de paragramme. Les deux colonnes marquées "NON-MOT" contiennent des couples tels que la lettre du pré-masque n'a pas de rapport avec le mot source, et il y a également 10 couples de cette sorte pour chaque rang de paragramme. Enfin, les 5 premiers couples de chaque colonne sont tels que la lettre contenue dans le pré-masque occupe la même position que la lettre modifiée dans le mot source, alors que les 5 couples de la moitié inférieure de chaque colonne sont tels que la lettre du pré-masque est décalée d'une position vers le centre par rapport à la position de la lettre modifiée dans le mot source du pseudo-mot cible. Il existe en outre, pour chacun des deux types de paragrammes cibles, un croisement en carré latin des listes de 5 items cibles avec les catégories de pré-masques (ou "amorces"), carré latin qui définit donc quatre groupes de sujets correspondant aux quatre listings de stimulus de l'ANNEXE. On remarquera également que lorsqu'un mot source est utilisé, dans un groupe, pour construire un couple d'une colonne "MOT" pour un certain rang de paragramme, il est toujours utilisé pour construire un couple d'une colonne "NON-MOT" pour l'autre rang de paragramme. Précisons que ces noms de colonnes sont en fait à relier avec l'indication "SUBSTIT.=>" qui se trouve dans la marge gauche des listings et <sup>ils</sup>signifient simplement que la substitution éventuelle de la lettre amorce à la lettre

paragramme de la cible entraînerait la formation d'un mot dans certains cas (colonnes MOT), ou d'un pseudo-mot (colonnes NON-MOT).

Facteurs et plan d'analyse :

Outre les facteurs aléatoires Items ( $I_{40}$ ) et Sujets ( $S_{40}$ ), et le facteur Groupe ( $G_4$ ) défini par l'assignation des listes d'items cibles aux catégories de pré-masques, nous avons trois facteurs systématiques définis comme suit :

$P_2$  = Type de paragramme de mot constituant la cible  
 = { Paragramme au rang 1, Paragramme au rang 4 }

$L_2$  = Relation de la lettre du pré-masque avec la lettre du mot source modifiée dans la cible  
 = { Identique, Différente }

$D_2$  = Position de la lettre du pré-masque par rapport à la lettre modifiée dans la cible  
 = { Non Décalée, Décalée d'une position vers le centre }

Ces trois facteurs étant croisés, nous donnons ici un exemple de chaque type de traitement avec le mot source JOUR :

P1 L1 D1 : J&&& + VOIR  
 P1 L1 D2 : &J&& + VOIR  
 P1 L2 D1 : N&&& + VOIR  
 P1 L2 D2 : &N&& + VOIR  
 P2 L1 D1 : &&&R + JOUR  
 P2 L1 D2 : &&R& + JOUR  
 P2 L2 D1 : &&&Z + JOUR  
 P2 L2 D2 : &&Z& + JOUR

Le plan d'analyse est :  $I_5 \langle D_2 * L_2 * P_2 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$

Des restrictions à D1 ou D2 donnent :  $I_5 \langle L_2 * P_2 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$

Seconde sous-expérience : Cibles lexicales et pré-masques

Les stimulus de cette sous-expérience correspondent aux colonnes marquées "POSITION 1" et "POSITION 4" des deux tiers supérieurs des listings de stimulus en ANNEXE. Les mots cibles des couples "pré-masque + cible" de ces colonnes sont tels que l'on peut trouver pour chacun de ces mots un paragramme non lexical à la position de lettre indiquée (1 ou 4) qui admette la même prononciation que le mot cible, ainsi qu'un autre paragramme à la même position qui n'est pas homophone du mot cible. Les pré-masques associés aux mots cibles contiennent une lettre à la même position que la lettre ~~critiquement~~ modifiable pour obtenir un type de paragramme ou l'autre, c'est-à-dire homophone du mot cible ou non homophone de mot. La lettre du pré-masque est suivant les cas celle qui, par substitution à la lettre de même position dans le mot cible, engendrerait un paragramme homophone de la cible, ou celle qui engendrerait un paragramme non homophone.

Il y a deux listes de 10 items cibles par position de la lettre critique (soit 40 mots cibles pour cette sous-expérience), l'une des deux listes étant associée à des pré-masques susceptibles d'engendrer des paragrammes homophones par substitution de lettres et l'autre liste étant associée aux pré-masques contrôles. Les assignations de listes d'items cibles aux types de pré-masques pour une position critique donnée sont inversées pour la moitié des sujets, ce qui définit deux groupes de 20 sujets correspondant respectivement à la réunion des groupes 1 et 2 et à celle des groupes 3 et 4 de la première sous-expérience.



Facteurs et plan d'analyse :

Outre les facteurs aléatoires Items ( $I_{40}$ ) et Sujets ( $S_{40}$ ), et le facteur Groupe ( $G_2$ ), nous avons deux facteurs systématiques :

- $P_2$  = Position de la lettre critique dans le pré-masque et la cible = { Position 1, Position 4 }
- $L_2$  = Prononciation du paragramme obtenu par substitution des lettres à la position critique  
= { Prononciation inchangée, Prononciation non lexicale }

Exemples :

- P1 L1 : S&&& + CIME  
P1 L2 : P&&& + CIME  
P2 L1 : &&&D + MONT  
P2 L2 : &&&E + MONT

Le plan d'analyse est :  $I_{10} \langle L_2 * P_2 \rangle * S_{20} \langle G_2 \rangle$

### Troisième sous-expérience : Cibles lexicales et pré-masques

Cette sous expérience utilise une partie des stimulus de la précédente plus deux nouveaux ensembles. Ce sont les stimulus du tiers supérieur des listings de l'ANNEXE. Ici, toute substitution de la lettre du pré-masque à celle de la cible de même position rend la prononciation de la cible non lexicale. La lettre du pré-masque peut occuper chacune des quatre positions à raison de 10 items par position. Le but de cette expérience est simplement de déterminer la forme de la fonction sérielle associée à l'effet de pré-masque alphabétique.

Facteur systématique :  $P_4$  = Position de la lettre dans le masque.

Plan d'analyse :  $I_{10} \langle P_4 \rangle * S_{40}$

## HYPOTHESES :

### Première sous-expérience :

Le phénomène perceptif de base dont nous supposons ici l'existence est la possibilité d'une substitution accidentelle, avec une probabilité non négligeable, de la lettre contenue dans le pré-masque à l'une des lettres du stimulus cible.

Les stimulus cibles étant des paragrammes de mots, lorsque la lettre du pré-masque ("lettre amorce") se substitue à la lettre non congrue du stimulus cible, on obtient un autre paragramme non lexical du mot source lorsque la lettre amorce n'est pas la lettre de ce mot qui a été modifiée pour construire la cible non lexicale. En revanche, si la lettre amorce est identique à la lettre modifiée du mot source, on obtient une suite de lettres identique à ce mot et l'on peut donc espérer observer un phénomène de "restauration lexicale" de la cible se traduisant par une augmentation de la fréquence des réponses "mot", c'est-à-dire des réponses inexactes dans ce cas. Si les unités alphabétiques de la perception sont positionnées, l'encodage des lettres est local et l'effet de restauration lexicale ne s'observera que lorsque la lettre amorce n'est pas décalée par rapport à la lettre non congrue de la cible. En revanche, si les unités alphabétiques de la perception ne sont pas positionnées, l'encodage des lettres est délocalisé et la lettre amorce peut se substituer à une lettre de position différente dans la cible. Dans ce cas, l'effet de restauration lexicale se manifestera avec ou sans décalage de la lettre amorce par rapport à la lettre non congrue de la cible. Enfin, comme il faut bien supposer que de

toute façon la perception dispose, à un stade ou à un autre du processus d'encodage du signal, d'un moyen de repérer ou de traduire d'une quelconque façon la position des unités de codage orthographiques, il semble raisonnable de s'attendre à ce que les restaurations lexicales de la cible soient plus fréquentes lorsque la lettre amorce n'est pas décalée par rapport à la lettre non congrue de la cible plutôt que lorsqu'elle est décalée.

D'autre part, nos précédents résultats concernant le rôle de la position sérielle des lettres dans la perception des mots nous ont conduits à supposer que les lettres initiales d'un mot jouent un rôle plus important que les lettres finales dans le processus qui conduit à l'émission d'une hypothèse lexicale. Si tel est le cas, la fréquence des réponses "mot", c'est-à-dire des erreurs, doit être plus importante lorsque la lettre non congrue se trouve à la fin du stimulus plutôt qu'à l'initiale.

En résumé, nous formulons trois hypothèses dont la première est sous forme d'une alternative :

H1.A : Si les codes alphabétiques sont positionnés, les réponses exactes sont moins fréquentes lorsque la lettre amorce est la lettre du mot source qui a été modifiée pour construire le programme non lexical cible plutôt qu'une lettre quelconque, ceci seulement dans le cas où la lettre amorce et la lettre non congrue de la cible occupent la même position.

H1.B : Si les codes alphabétiques ne sont pas positionnés, les réponses exactes sont moins fréquentes lorsque la lettre amorce est la lettre du mot source qui a été modifiée pour construire



le paragramme non lexical cible plutôt qu'une lettre quelconque, ceci que la lettre amorce et la lettre non congrue de la cible occupent ou non la même position .

H2 : L'effet de restauration lexicale de la cible est plus important lorsque la lettre amorce et la lettre non congrue de la cible occupent la même position plutôt que lorsqu'elles sont décalées.

H3 : Les réponses "non-mot" exactes sont plus fréquentes lorsque la lettre non congrue de la cible se trouve en position 1 plutôt qu'en position 4.

Seconde sous-expérience :

En raison de nos hypothèses sur l'importance relative des éléments initiaux et terminaux du mot dans le processus d'identification lexicale, nous supposons que le pré-masquage alphabétique de la lettre initiale du mot cible entrave davantage la reconnaissance du mot que le pré-masquage alphabétique de la dernière lettre. Ceci suppose en outre que l'effet de pré-masque alphabétique comporte une composante perceptive localisée, sans quoi on ne pourrait pas pré-masquer sélectivement une lettre ou une autre dans la cible. L'hypothèse suivante dépend donc en fait de la validité de l'hypothèse H2 :

H4 : Les réponses "mot" exactes sont moins fréquentes lorsque la lettre du pré-masque occupe la position 1 plutôt que la position 4.

D'autre part, toujours en supposant H2 valide, si les effets sériels observés sont liés à l'usage d'un encodage phonétique du signal, alors la fréquence des réponses "mot" exactes devrait être supérieure lorsque la lettre du pré-masque ne change pas la prononciation de la cible par substitution locale plutôt que lorsqu'elle entraîne une prononciation non lexicale. En effet, dans le premier cas, les substitutions accidentelles de la lettre amorce à la lettre de la cible de même position entraînent la formation d'un paragramme "pseudo-homophone" du mot cible, de sorte que si le sujet utilise un code phonétique pour identifier lexicalement la cible, il obtiendra un accès lexical même en cas de substitution, ce qui n'est pas le cas lorsque la substitution entraîne la formation d'un pseudo-mot non homophone d'un mot (voir § 5.3 et 6.). Donc, si le sujet utilise un encodage phonétique, nous avons l'hypothèse :

H5 : Les réponses "mot" exactes sont plus fréquentes lorsque la lettre du pré-masque n'entraîne pas de modification de la forme phonétique de la cible par substitution locale plutôt que lorsqu'elle entraîne la formation d'un paragramme dont la forme phonétique n'est pas lexicale.

#### Troisième sous-expérience :

Nous retiendrons pour tous les cas d'interprétation de l'effet sériel l'hypothèse suivante :

H6 : La probabilité des réponses "mot" exactes est une fonction monotone croissante du rang sériel de la lettre dans le pré-masque.

RESULTATS :

Première sous-expérience :

Les pourcentages de réponses "non-mot" exactes figurent dans le tableau 11.a et les temps de réponse moyens correspondants figurent dans le tableau 11.b .

	POSITION RELATIVE DE LA LETTRE AMORCE			
	NON DECALEE		DECALEE	
PARAGRAMME CIBLE :	RANG 1	RANG 4	RANG 1	RANG 4
RELATION LETTRE AMORCE LETTRE SOURCE				
IDENTIQUE	60	56	77,5	68,5
DIFFERENTE	84	84,5	86,5	79

TABLEAU 11.a : Pourcentages de réponses "non-mot" exactes pour la première sous-expérience de l'expérience 5.

	POSITION RELATIVE DE LA LETTRE AMORCE			
	NON DECALEE		DECALEE	
PARAGRAMME CIBLE :	RANG 1	RANG 4	RANG 1	RANG 4
RELATION LETTRE AMORCE LETTRE SOURCE				
IDENTIQUE	697	700	697	706
DIFFERENTE	734	711	731	703

TABLEAU 11.b : Temps de réponse moyens (ms) pour la première sous-expérience de l'expérience 5.



On constate que les réponses exactes ("non-mot") sont moins fréquentes lorsque la lettre amorce est identique à la lettre du mot source modifiée <sup>pour</sup> construire le paragramme cible, plutôt que lorsque la lettre amorce est quelconque ( $F(1;36)=54,03:p<.001$ ). Ceci est vrai lorsque la lettre amorce n'est pas décalée par rapport à la lettre non congrue de la cible ( $F(1;36)=68,47:p<.001$ ), mais c'est également ~~vrai~~ lorsque les deux lettres n'occupent pas la même position ( $F(1;36)=9,57:p<.004$ ), ce qui nous conduit à rejeter l'hypothèse H1.A et à retenir l'hypothèse H1.B, c'est-à-dire à admettre l'existence d'unités de codage alphabétiques non positionnées intervenant dans la perception des mots.

D'autre part, l'effet de restauration lexicale du paragramme cible est plus important lorsque la lettre amorce et la lettre non congrue de la cible ne sont pas décalées plutôt que lorsqu'elles sont décalées ( $F(1;36)=17 :p<.001$ ), ce qui confirme l'hypothèse H2 et donc l'existence d'une composante locale dans l'effet de pré-masque alphabétique.

Il y a en moyenne significativement plus d'erreurs lorsque la lettre non congrue de la cible occupe la position 4 plutôt que la position 1 ( $F(1;36)=6,33:p<.02$ ), ce qui confirme l'hypothèse H3 et donc la **prépondérance** du rôle de la lettre initiale par rapport à la lettre terminale dans le processus d'identification de mots de 4 lettres. Cependant, on détecte une interaction tendancielle entre la position de la lettre non congrue et le décalage de la lettre amorce ( $F(1;36)=2,95:p<.10$ ). Cette interaction serait telle que l'on trouve un effet systématique de la position sérielle de la lettre non congrue de la cible lorsque la lettre amorce est décalée par rapport à elle ( $F(1;36)=15,94:p<.001$ ),

mais non lorsque les deux lettres occupent la même position ( $F(1;36) < 1$ ). Nous ignorons la raison de cette interaction qui demanderait du reste confirmation.

L'examen des temps de réponse ne révèle aucun effet significatif des facteurs manipulés ou de leurs interactions sur cette variable.

### Seconde sous-expérience :

Les pourcentages de réponses exactes ("mot") figurent dans le tableau 12.a et les temps de réponse moyens dans le tableau 12.b .

PARAGRAMME OBTENU EN CAS DE SUBSTITUTION :	POSITION DE LA LETTRE DU PRE-MASQUE		
	POSITION 1	POSITION 4	
HOMOPHONE DE LA CIBLE	70	78,5	74,25
NON HOMOPHONE DE MOT	68,25	83,5	75,88
	69,13	81	

TABLEAU 12.a : Pourcentage de réponses exactes ("mot") pour la seconde sous-expérience de l'expérience 5.

On peut constater dans le tableau 12.a que le pourcentage de réponses exactes est plus faible lorsque le pré-masque alphabétique porte sur la position 1 plutôt que sur la position 4, cet effet étant significatif ( $F(1;36) = 9,24 : p < .005$  , par rapport aux items, et  $F(1;38) = 24,75 : p < .001$  , par rapport aux sujets).

Ce résultat confirme donc notre hypothèse H4 et corrobore dans une certaine mesure la validité de H3 précédemment établie. Il est donc clair que les éléments initiaux et terminaux n'ont pas des rôles équivalents dans la perception des mots, la lettre initiale étant semble-t-il prépondérante.

On ne trouve pas d'effet significatif du type de paragramme obtenu par substitution locale des lettres ( $F(1;38) < 1$ ), cependant que ce facteur interagit tendanciuellement avec la position du pré-masque alphabétique ( $F(1;38) = 3,28 : p < .08$ ). La structure de cette éventuelle interaction ne suggère toutefois en aucune façon que notre hypothèse H5 pourrait être valide sur l'une ou l'autre des positions, de sorte que nous devons **considérer cette hypothèse comme non vérifiée** et constater que nous ne sommes pas fondés à supposer que le sujet fait usage de codes phonétiques dans cette expérience.

PARAGRAMME OBTENU EN CAS DE SUBSTITUTION :	POSITION DE LA LETTRE DU PRE-MASQUE		
	POSITION 1	POSITION 4	
HOMOPHONE DE LA CIBLE	660	616	638
NON HOMOPHONE DE MOT	656	596	626
	658	606	

TABLEAU 12.b : Temps de réponse moyens (ms) pour la seconde sous-expérience de l'expérience 5.



En ce qui concerne les temps de réponse (Tab. 12.b), le seul effet significatif que l'on observe est celui de la position du pré-masque alphabétique ( $F(1;36) = 7,33 : p < .01$ , par rapport aux items, et  $F(1;38) = 12,65 : p < .001$ , par rapport aux sujets). Le temps de réponse est plus long avec un pré-masque alphabétique en position 1 plutôt qu'en position 4, et les performances varient donc de façon équivalente sur les deux variables dépendantes.

Troisième sous-expérience :

Les résultats de cette sous-expérience figurent dans le tableau 13.

	POSITION DE LA LETTRE DU PRE-MASQUE			
	RANG 1	RANG 2	RANG 3	RANG 4
EXACTITUDE (%)	68,25	77,25	78,25	83,50
TEMPS (ms)	656	658	623	596

TABLEAU 13 : Pourcentages de réponses exactes ("mot") et temps de réponse moyens pour la troisième sous-expérience de l'expérience 5.

On peut constater que le pourcentage de réponses exactes augmente en fonction du rang du pré-masque alphabétique, l'effet global étant significatif par rapport aux sujets ( $F(3;117) = 9,22 : p < .001$ ), mais non par rapport aux items ( $F(3;36) = 2,02 : p < .13$ ). Cependant, on extrait un effet de régression linéaire qui est significatif par rapport aux deux sources aléatoires ( $F(1;117) = 25,12 : p < .001$ , et  $F(1;36) = 5,49 : p < .03$ ). La droite de régression ajustée a pour

équation :  $\hat{f}(E) = .047 P + .65$  , où  $\hat{f}(E)$  est la fréquence des réponses exactes estimée par la régression linéaire et où  $P$  est la position sérielle du pré-masque alphabétique. Nous obtenons donc ici confirmation de notre hypothèse H6 avec une fonction linéaire de pente positive.

Les temps de réponse tendent à diminuer en fonction de la position sérielle du pré-masque alphabétique ( $F(3;117)=5,82:p<.001$  par rapport aux sujets, et  $F(3;36)=1,88:p<.15$  , par rapport aux items (N.S)).

L'obtention d'une fonction sérielle linéaire associée à l'effet du pré-masque alphabétique dans la perception des mots semble appeler une interprétation en termes de "poids" relatif des composants alphabétiques du mot dans le processus de reconnaissance. Nous ignorons la nature exacte du mécanisme pondérateur, mais il semble a priori possible qu'il soit lié au processus d'analyse séquentielle du signal, bien que non réductible à celui-ci. En effet, une interprétation en termes d'extraction d'une séquence de lettres initiale utile à l'émission d'une hypothèse lexicale supposerait l'observation d'une fonction croissante à partir d'un certain rang, mais avec un plateau sur les deux ou trois premiers rangs correspondant à la séquence initiale utile qui ne saurait être réduite à la première lettre dans les conditions de cette expérience (l'ensemble des éventualités lexicales a priori possibles n'est pas suffisamment restreint). D'un autre côté, si la fonction sérielle observée n'a pas de relation avec un processus d'analyse séquentielle opérant de gauche à droite, on ne voit pas pourquoi cette fonction serait monotone croissante, et ce n'est semble-t-il pas la redondance

positionnelle des lettres qui nous fournira l'explication puisque ce n'est pas une fonction monotone de la position sérielle ainsi que nous l'avons constaté p.123-126. Il est donc possible que nous touchions ici à un mécanisme **inconnu** du processus de reconnaissance des mots, nécessitant pour être compris des hypothèses plus avancées que celles que nous sommes en mesure de fournir pour l'instant. Cependant, il est aussi une interprétation relativement triviale qui peut finalement venir à l'esprit si l'on suppose que le pré-masque est lui-même analysé séquentiellement. Dans ce cas en effet, la probabilité pour que la lettre contenue dans le pré-masque soit extraite durant le bref délai de disponibilité de ce signal est une fonction décroissante de la position sérielle, et nous avons vu dans l'expérience 2 que le coefficient de pente de la droite de régression ajustée pour la fréquence des réponses de détection d'un caractère en fonction de sa position sérielle (p. 244) est estimé à  $-.041$ , soit, au signe près, une valeur assez proche de celle du coefficient de pente que nous trouvons ici qui est estimé à  $.047$ . Dans ces conditions, on peut imaginer que l'effet global de pré-masquage alphabétique dépende directement de la probabilité pour que la lettre soit extraite du pré-masque, ce qui rendrait convenablement compte de l'effet sériel observé ici. Cependant, nous avons déjà trouvé une effet sériel linéaire sur l'un des retards de réponse de l'expérience 1 pour les stimulus lexicaux (P. 233-234). Constatons que nous serions bien en peine de transposer l'interprétation précédente aux résultats de l'expérience 1.



## DISCUSSION :

En résumé, les résultats de la première sous-expérience nous indiquent qu'il existe dans la perception des codes alphabétiques non positionnés intervenant dans le processus de reconnaissance des mots, mais que les phénomènes de masquage alphabétique et de substitution de lettres admettent en outre une composante locale assez forte indiquant l'intervention de mécanismes de localisation des lettres dont nous ne connaissons pas la nature. Il est possible, mais non évident, que le codage des unités alphabétiques s'opère à deux niveaux distincts, ainsi que le suggèrent les résultats de Egeth et Santee (1981), avec un premier niveau traitant localement les formes géométriques qui définissent les caractères alphabétiques, et un second niveau plus abstrait où les codes alphabétiques seraient délocalisés de façon à aboutir à une représentation du signal indépendante des caractéristiques visuo-spatiales (format, typographie et position dans le champ) qui ne seraient pas pertinentes pour l'identification lexicale des mots. Cependant, nous n'avons montré ici que des phénomènes de délocalisation des lettres entre positions voisines, ce qui limite passablement la portée des conclusions et n'exclut pas des interprétations en termes de "localisation imprécise" des unités plutôt que de "délocalisation" pure et simple, de sorte qu'il nous faut étudier à présent l'effet de la distance de délocalisation, ce qui sera fait dans l'expérience 6.

Nous avons d'autre part trouvé dans les deuxième et troisième sous-expériences des effets sériels dont rien ne permet de

supposer qu'ils sont liés à un processus d'encodage phonétique du signal. Les effets de la position sérielle des lettres dans les trois sous-expériences pourraient peut-être admettre une interprétation en termes de "poids" décroissant des unités de codage alphabétique, en fonction de leur position sérielle, ou de leur rang d'extraction dans un processus séquentiel, mais la nature et la fonction exactes du mécanisme pondérateur nous restent inconnues, de sorte que nous éviterons de conclure prématurément quant aux causes du phénomène.

### 11.6 Expérience 6 (Chr.1) : Le masquage par anagrammes.

#### PROBLEME :

Nous tenterons, dans cette expérience, de déterminer dans quelle mesure les phénomènes de délocalisation des lettres dépendent ou non de la distance de déplacement. On peut en effet se demander si les déplacements de lettres observés dans l'expérience 5 ne résultent pas simplement d'une imprécision de la localisation liée, par exemple, à des recouvrement spatiaux de canaux d'extraction des lettres, ou encore à une certaine "diffusion" latérale des signaux activateurs entre des unités alphabétiques positionnées voisines de même identité alphabétique. Dans ce cas, il n'y aurait pas "délocalisation" à proprement parler (c'est-à-dire "non prise en compte de la position"), mais plutôt "localisation imprécise" de la lettre dans une certaine zone autour de la position réelle, ce qui n'a pas les mêmes implications théoriques. Notons cependant que l'idée d'une activation latérale entre unités de même identité alphabétique n'est a priori guère compatible avec "l'effet d'infériorité des lettres répétées" étudié plus haut, lequel supposerait, à l'inverse, des relations inhibitrices entre unités homologues. Il nous faudrait cependant admettre l'idée d'une localisation imprécise plutôt que d'une délocalisation s'il s'avérait qu'il existe quelque chose comme un gradient de probabilité des déplacements de lettres en fonction de la distance de déplacement, ou plus généralement un gradient des interactions entre positions dépendant de leur distance et de l'identité des lettres.



#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous employons toujours la techniques de pré-masquage avec des mots cibles de quatre lettres sans répétition d'une même lettre et ayant la particularité de ne pas posséder d'anagramme dans la langue française. Les pseudo-mots cibles sont également longs de quatre lettres et sont des paragrammes de mots réels. Ces caractéristiques des stimulus cibles seront du reste les mêmes pour toutes les expériences suivantes.

La présente expérience a été divisée en deux séances successives identiques par la procédure et ne se différenciant que par les ensembles d'items stimulus utilisés. Cette expérience étant chronologiquement la première à utiliser la technique de pré-masquage, les sujets ont peu d'entraînement à cette technique difficile lors de la première séance, ce qui a motivé l'ajout d'une seconde séance pour contrôler l'évolution des performances. Toutefois, les résultats obtenus à l'issue des deux séances seront analysés séparément.

Les pré-masque contiennent quatre caractères aux positions 1, 2, 3 et 4 et sont de quatre types dont deux types contrôles. Les prémasques contrôles peuvent être constitués de quatre caractères non alphabétiques identiques (++++), ou de quatre lettres différentes dont aucune ne fait partie de la cible, ce qui définit les types "non alphabétique" et "alphabétique" de pré-masques contrôles. Les deux autres types de pré-masques sont des suites de quatre lettres anagrammes de la cible à laquelle elles sont associées, avec la contrainte qu'aucune lettre du pré-masque n'occupe la même position que son homologue de la cible.

Comme dans l'expérience 2, nous représenterons désormais la structure des anagrammes par une suite de quatre chiffres, où chaque chiffre représente la position qu'occupe la lettre désignée dans le stimulus cible et où la position de ce chiffre est la position de cette lettre dans l'anagramme.

Le premier type de pré-masque anagramme de la cible a une structure 2143 (ex: OPTN pour la cible PONT), de sorte que chaque lettre du pré-masque se trouve à distance 1 de son homologue de la cible. Le second type de pré-masque anagramme a une structure 3412 (ex: NTPO pour la cible PONT), de sorte que chaque lettre du pré-masque se trouve à distance 2 de son homologue de la cible. On peut en outre faire bien d'autres remarques sur ces anagrammes, et nous y viendrons en temps utiles, mais pour le problème qui nous préoccupe, seule la distance "en ligne" des lettres homologues est à considérer (et non pas leur distance circulaire dont rien ne nous permet pour l'instant de supposer qu'elle puisse jouer un rôle).

Outre les 40 couples "pré-masque + cible" d'entraînement pour chaque séance, il y a (par séance) 4 listes de 10 mots cibles et 4 listes de 10 pseudo-mots cibles, les listes d'items cibles étant croisées en carré latin avec les 4 types de pré-masques, ce qui définit 4 groupes de sujets (voir les stimulus en ANNEXE).

#### FACTEURS ET PLAN :

Outre les facteurs aléatoires Items ( $I_{40}$ ) et Sujets ( $S_{40}$ ), et le facteur Groupe ( $G_4$ ), nous avons un facteur expérimental

à quatre modalités défini comme suit :

$A_4$  = Type de pré-masque  
= {Anagramme 2143, Anagramme 3412, Contrôle Non Alphabétique,  
Contrôle Alphabétique }

Sont analysées séparément les données concernant les cibles lexicales et les cibles non lexicales, ainsi que les données de la première et de la deuxième séance.

Le plan d'analyse est :

$I_{10} \langle A_4 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$

HYPOTHESES :

L'existence de phénomènes de délocalisation des lettres , qu'il s'agisse d'une réelle délocalisation des codes ou d'une imprécision de la localisation, nous permet de prévoir que nous observerons un effet de masque différent avec au moins l'un des deux types de pré-masques anagrammes de la cible par rapport aux pré-masques alphabétiques contrôles. La nature exacte des interactions en jeu n'étant pas connue, nous ne pouvons guère prévoir le sens de cet effet, mais il importe simplement ici qu'il y ait un effet particulier de pré-masque anagramme, quel que soit son sens, pour dégager un phénomène de délocalisation des lettres et étudier l'effet de la distance des lettres homologues du pré-masque et de la cible. Nous formulons donc une hypothèse indispensable :

H1 : L'un au moins des deux types de pré-masques anagrammes de la cible entraîne des performances différentes de celles qu'on observe avec un pré-masque alphabétique contrôle.



D'autre part, si les interactions perceptives responsables de l'effet de pré-masque anagramme sont liées non à une réelle délocalisation des unités alphabétiques, mais plutôt à une localisation imprécise, alors l'effet d'anagramme devrait être d'autant moins important que les lettres homologues sont plus éloignées dans le pré-masque et la cible. Donc, si la perception utilise des codes alphabétiques approximativement positionnés, nous avons l'hypothèse :

H2 : L'effet de pré-masque anagramme par rapport au contrôle alphabétique est plus important pour les anagrammes 2143 que pour les anagrammes 3412.

#### RESULTATS :

On trouvera dans le tableau 14.a les résultats concernant les cibles lexicales et dans le tableau 14.b ceux concernant les cibles non lexicales.

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	ANAGRAMME 2143	ANAGRAMME 3412	CONTROLE NON ALPHA- BETIQUE	CONTROLE ALPHABE- TIQUE
SEANCE 1				
Temps (ms)	949	923	793	936
Exactitude (%)	58,75	71,5	92,5	66,25
SEANCE 2				
Temps (ms)	799	788	727	826
Exactitude (%)	62	74,25	90,75	60,5

TABLEAU 14.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales positives pour les cibles lexicales suivant le type de pré-masque pour les deux séances de l'expérience 6.

On peut constater que l'identification des cibles lexicales est moins fréquente lors de la première séance lorsque le pré-masque est une anagramme 2143 de la cible plutôt qu'une suite de lettres quelconque ( $F(1;108) = 5,07 : p < .03$ ), mais ceci n'est pas vrai lors de la seconde séance ( $F(1;108) < 1$ ). D'autre part, l'identification des cibles lexicales est plus fréquente lorsque le pré-masque est une anagramme 3412 de la cible plutôt qu'une suite de lettres quelconque, cet effet n'étant pas significatif lors de la première séance ( $F(1;108) = 2,49 : p < .12$ ), mais devenant significatif lors de la seconde séance ( $F(1;108) = 14,91 : p < .001$ ). L'écart d'exactitude entre les deux types de pré-masques anagrammes est significatif pour les deux séances ( $F(1;108) = 14,66 : p < .001$ , et  $F(1;108) = 11,84 : p < .001$ ).

On voit donc que les pré-masques anagrammes de la cible peuvent entraîner des performances différentes de celles obtenues avec un pré-masque alphabétique contrôle, ce qui confirme notre hypothèse H1 et donc l'existence de phénomènes de délocalisation des lettres. Les deux types de pré-masques anagrammes donnent lieu à des performances différentes, mais on peut remarquer que la structure des résultats ne confirme pas notre hypothèse H2 et il semble difficile d'interpréter ces données en termes de localisation approximative des lettres. Il semble en fait que les anagrammes 2143 puissent engendrer un effet négatif par rapport au contrôle alphabétique, alors que les anagrammes 3412 engendrent un effet positif, les deux effets évoluant positivement avec les séances. Nous ignorons la raison de cette évolution, mais nous aurons l'occasion de vérifier ultérieurement qu'elle est liée au niveau d'entraînement des sujets et non aux

ensembles d'items utilisés (qui ne sont pas les mêmes dans les deux séances).

Les pré-masques contenant des lettres donnent toujours lieu à une moins bonne identification des cibles lexicales que les pré-masques non alphabétiques, l'écart le plus faible étant toujours avec les anagrammes 3412 et étant significatif pour les deux séances ( $F(1;108) = 39,76 : p < .001$ , pour la séance 1, et  $F(1;108) = 21,47 : p < .001$ , pour la séance 2). Ce résultat confirme l'existence d'une forte composante locale dans l'effet de masque alphabétique, ce qu'indiquaient déjà les résultats de l'expérience 5 avec des phénomènes de substitution locale de lettres, et qui est de nature à expliquer les résultats de l'expérience 4 en ce qui concerne l'effet du nombre d'occurrences d'une lettre dans le pré-masque, chaque occurrence pouvant sans doute engendrer un effet de masque alphabétique local. Cependant, cette composante locale de l'effet de masque alphabétique relève probablement de processus distincts de ceux qui engendrent les phénomènes de délocalisation, lesquels ne sont vraisemblablement pas réductibles à une "localisation imprécise", ainsi que nous l'avons vu.

En ce qui concerne les temps de réponse, on peut constater que les décisions lexicales sont nettement plus rapides lors de la seconde séance, ce qui indique un important effet d'entraînement. Les pré-masques non alphabétiques donnent des temps de réponse plus courts que les pré-masques constitués de lettres, et c'est là le seul effet significatif du type de pré-masque sur le temps de réponse pour les cibles lexicales.



	TYPE DE PRE-MASQUE			
	ANAGRAMME 2143	ANAGRAMME 3412	CONTROLE NON ALPHA- BETIQUE	CONTROLE ALPHABE- TIQUE
SEANCE 1				
Temps (ms)	1102	1122	1114	1060
Exactitude (%)	80,75	73,5	64,5	74
SEANCE 2				
Temps (ms)	895	921	960	907
Exactitude (%)	84	80,25	66,25	78,75

TABLEAU 14.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque pour les deux séances de l'expérience 6.

En ce qui concerne les cibles non lexicales, on remarque que les plus mauvaises performances sont obtenues avec les pré-masques non alphabétiques, c'est-à-dire les moins masquants, phénomène qui comme dans les expériences 3 et 4 est lié au fait que les pseudo-mots cibles sont des paragrammes de mots réels et tendent à être confondus avec ceux-ci d'autant plus facilement que la cible est mieux perçue dans les limites de ce que peut autoriser une saisie de 40 millisecondes avec masques. Pour cette même raison, les résultats concernant les cibles non lexicales tendent dans l'ensemble à adopter une structure "en miroir" de la structure obtenue avec les cibles lexicales. Ceci montre en outre que la stratégie adoptée dans tous les cas, c'est-à-dire quelle que soit la nature de la cible, est bien une stratégie de recherche lexicale.

## DISCUSSION :

Nous avons donc trouvé des effets particuliers de pré-masques anagrammes de la cible suggérant que la perception utilise à un certain niveau des codes alphabétiques non positionnés. Les résultats ne suggèrent pas que les effets de délocalisation des lettres puissent être réduits à des effets d'une localisation imprécise. Nous sommes donc conduits à supposer qu'il existe dans la perception pour chaque lettre au moins une unité de codage représentant cette lettre aux différentes positions possibles sans distinction.

Cependant, nous avons obtenu avec les pré-masques anagrammes de la cible des résultats qui débordent le cadre de nos hypothèses. Nous ne savons pas, en effet, pourquoi les anagrammes 3412 ont un effet positif par rapport au contrôle alphabétique, alors que les anagrammes 2143 ont un effet négatif. Nous ne savons pas non plus pourquoi ces effets évoluent positivement avec le degré d'entraînement des sujets à la tâche. Nous sommes donc semblé-t-il dans une situation où les résultats nous posent des questions nouvelles et il nous faut identifier les facteurs déterminants responsables de la différence de comportement des deux types de pré-masques anagrammes de la cible.

La première différence entre les deux types d'anagrammes est naturellement celle que nous avons utilisée dans cette expérience, c'est à dire la distance des lettres homologues du pré-masque et de la cibles. Les effets observés n'étant pas interprétables en termes de localisation approximative des unités, on pourrait cependant imaginer, par exemple, un étage de traitement où les caractères alphabétiques sont détectés localement, ainsi que

peut le suggérer l'existence d'une composante locale des effets de masque alphabétique, et où les unités homologues voisines tendraient à s'inhiber les unes les autres. Il s'agirait donc d'un phénomène de masquage latéral sélectif susceptible d'engendrer des effets d'infériorité des lettres répétées à faible distance, ce qui pourrait expliquer l'effet négatif des pré-masques anagrammes 2143. Ceci n'est pas incompatible avec les observations de l'expérience 5 si l'on suppose que les substitutions délocalisées de lettres résultent de l'activité d'un autre étage de traitement où les unités alphabétiques sont codées sous une forme non positionnée, ce qui expliquerait également l'effet positifs des pré-masques anagrammes 3412 comme un effet "d'amorçage perceptif" (ou "préactivation" ou encore "priming perceptif") au niveau de cet étage particulier.

Une autre remarque que l'on peut faire est que les anagrammes 2143 contiennent deux digrammes qui sont exactement inverses de ceux de la cible en ce qui concerne l'ordre des lettres. En revanche les anagrammes 3412 ne contiennent aucun digramme inversé mais contiennent deux des digrammes de la cible dans le même ordre des lettres. Ne serait-il alors pas possible que les digrammes jouent un certain rôle dans la perception des mots et qu'il existe, pour une raison ou pour une autre, une relation antagoniste particulière entre un digramme et son inverse exact ? Cette hypothèse pourrait également expliquer les effets observés avec les deux types de pré-masques anagrammes de la cible. Dans le même ordre d'idées, on peut remarquer que l'anagramme 3412 est une permutation circulaire des lettres de



la cible, ce qui veut dire que l'anagramme est équivalente à la chaîne cible à une rotation près si l'on suppose qu'il existe dans la perception un mode d'encodage circulaire des chaînes de caractères. Toutefois, si cette hypothèse est de nature à fournir un début d'explication à l'effet positif des pré-masques anagrammes 3412, elle semble n'être d'aucun secours en ce qui concerne l'effet négatif des pré-masques anagrammes 2143.

Enfin, on pourrait envisager le problème sous l'angle du nombre d'inversions entre la séquence de lettres anagramme et la séquence cible (c'est-à-dire sous l'angle de la "signature de la permutation" en termes mathématiques). On peut constater que l'anagramme 2143 est obtenue avec deux inversions des lettres de la cible, alors que l'anagramme 3412 est obtenue avec quatre inversions. Dans ces conditions, nous ne voyons pas comment le nombre d'inversions pourrait expliquer les effets observés car il faudrait admettre que peu d'inversions entraînent un effet négatif du pré-masque sur la cible, alors que plus d'inversions entraîneraient un effet positif. Cependant, pour peu engageante que soit cette hypothèse, il nous faudra aussi tenir compte d'une telle éventualité dans la mesure où nous ignorons sans doute à peu près tout des mécanismes perceptifs en jeu.

11.7 Expérience 7 (Chr.8) : L'effet des digrammes inversés.

PROBLEME :

Nous tenterons, dans cette expérience, d'identifier le facteur déterminant responsable de l'effet négatif des pré-masques anagrammes 2143 de la cible que nous avons observé lors de la première séance de l'expérience 6. Compte tenu du fait que les sujets ont ici beaucoup plus d'entraînement à la tâche que lors de l'expérience 6 et compte tenu de l'évolution positive des effets de pré-masque anagramme avec le degré d'entraînement que nous avons pu constater entre les deux séances de l'expérience 6, nous ne pouvons guère espérer retrouver ici un effet négatif des pré-masques anagrammes 2143 par rapport à un pré-masque alphabétique quelconque. Nous vérifierons donc la poursuite de cette évolution, mais il nous faudra en outre utiliser un autre type de pré-masque contrôle pour dégager des effets "relativement négatifs" imputables au facteur déterminant recherché. Ce pré-masque contrôle doit être tel que l'on puisse supposer que ses effets évoluent avec l'entraînement de la même façon que ceux des pré-masques anagrammes de la cible de façon à avoir une référence stable pour ces types de pré-masques dont nous n'avons plus à démontrer les effets particuliers relativement à des suites de lettres quelconques. Il est donc clair que le contrôle doit être lui-même une anagramme de la cible et que notre étude doit porter essentiellement sur l'effet de la structure des anagrammes. Nous nous efforcerons cependant de montrer qu'il existe un effet de pré-masque anagramme de

la cible distinct de l'effet de la structure des anagrammes, ce qu'implique l'idée d'une délocalisation des lettres individuelles composant les stimulus. Nous avons de bonnes raisons de penser qu'il en est ainsi puisque les deux types d'anagrammes utilisées dans l'expérience 6 donnent des performances différentes mais qui évoluent de la même façon avec l'entraînement, c'est-à-dire dans le sens d'un écart positif par rapport à un pré-masque contrôle non anagramme de la cible.

Nous avons trouvé essentiellement deux types de causes possibles de l'effet négatif des pré-masques anagrammes 2143 dans l'expérience 6. La première de ces causes serait liée à la proximité spatiale des lettres homologues du pré-masque et de la cible et la seconde à la présence de digrammes de la cible inversés dans le pré-masque. Nous avons une troisième éventualité moins plausible qui serait liée à un faible nombre d'inversions dans la séquence anagramme. Nous allons ici nous efforcer d'opposer l'hypothèse d'un effet des digrammes inversés aux deux autres hypothèses.

#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous utilisons la technique de pré-masquage avec des mots et pseudo-mots cibles identiques à ceux de la première séance de l'expérience 6. Les pré-masques sont de quatre types dont trois sont des anagrammes de la cible et un type contrôle est constitué de pré-masques alphabétiques dont les lettres sont étrangères à la cible. Les contrôles anagrammes de la cible sont des anagrammes 2413 qui sont tels que toutes les lettres



homologues du pré-masque et de la cible occupent des positions distinctes et que l'anagramme ne contient aucun digramme de la cible ni aucun digramme inverse d'un digramme de la cible.

Les deux autres types de pré-masques anagrammes de la cible sont des anagrammes 2143 que nous avons déjà utilisés dans l'expérience 6, ainsi que des anagrammes 4321 qui représentent l'ordre inverse des lettres de la cible. Nous caractériserons les anagrammes par quatre descripteurs distincts qui sont :

- . Le nombre de digrammes communs avec la cible (DC)
- . Le nombre de digrammes inverses de digrammes de la cible (DI)
- . La distance moyenne des lettres homologues (DM)
- . Le nombre d'inversions (NI)

Nous avons pour chaque type de pré-masque anagramme de la cible:

- . Anagramme 4321 : DC = 0 , DI = 3 , DM = 2 , NI = 6
- . Anagramme 2143 : DC = 0 , DI = 2 , DM = 1 , NI = 2
- . Anagramme 2413 : DC = 0 , DI = 0 , DM = 1,5 , NI = 3

Il y a 4 listes de 10 mots cibles et 4 listes de 10 pseudo-mots cibles, les listes étant croisées en carré latin avec les types de pré-masques, ce qui définit 4 groupes de sujets (voir ANNEXE). Nous avons toujours naturellement 40 couples "pré-masque + cible" supplémentaires pour la mise en condition des sujets en début de passation.

Les stimulus cibles étant identiques à ceux de la première séance de l'expérience 6, il est sans doute utile de préciser que l'ordre de présentation des items, qui est aléatoire et aléatoirement variable d'un sujet à un autre, est également aléatoirement différent entre les expériences.

#### FACTEURS ET PLAN :

L'unique facteur expérimental est :

$A_4$  = type de pré-masque

= { Contrôle Non Anagramme, Anagramme 4321, Anagramme 2143,  
Anagramme 2413 }

Les données concernant les cibles lexicales et non lexicales sont analysées séparément et nous avons le plan :

$$I_{10} \langle A_4 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$$

avec la signification habituelle pour les facteurs aléatoires (I et S) et le facteur Groupe.

#### HYPOTHESES :

Si l'effet de pré-masque anagramme est dû à la délocalisation des lettres individuelles, au moins en partie, nous devons nous attendre à ce que les pré-masques anagrammes 2413, qui ne contiennent aucune séquence commune avec la cible qui soit longue de plus d'une lettre, produisent des performances d'identification des cibles lexicales supérieures à celles que produisent les pré-masques non anagrammes de la cible, sans quoi l'effet positif des pré-masques anagrammes 3412 observé dans l'expérience 6 s'avèrerait réductible à l'effet des digrammes communs avec la cible (eux-même délocalisés du reste). Dans ce dernier cas, nous comprendrions mal que les deux types d'anagrammes utilisés dans l'expérience 6 donnent des performances qui évoluent de la même façon avec le degré d'entraînement des sujets. Nous retiendrons donc l'hypothèse suivante :

H1 : L'identification des cibles lexicales est plus fréquente avec un pré-masque anagramme 2413 qu'avec un pré-masque alphabétique non anagramme de la cible.

D'autre part, si l'effet négatif des prémasques anagrammes 2143 observé dans l'expérience 6 est dû à la présence dans le pré-masque de digrammes inverses de digrammes de la cible, nous devons nous attendre à ce que les performances d'identification des mots cibles soient d'autant moins bonnes que le pré-masque contient plus de digrammes inversés, ce qui conduit à l'hypothèse:

H2.A : L'identification des cibles lexicales est plus fréquente avec un pré-masque anagramme 2413 qu'avec un pré-masque anagramme 2143, et plus fréquente dans ce dernier cas qu'avec un pré-masque anagramme 4321.

En revanche, si l'effet négatif des pré-masques anagrammes 2143 observé dans l'expérience 6 est dû à la proximité spatiale des lettres homologues du pré-masque et de la cible, ou éventuellement au petit nombre d'inversions engendrant l'anagramme, nous sommes conduits à l'hypothèse :

H2.B : L'identification des cibles lexicales est plus fréquente avec un pré-masque anagramme 4321 qu'avec un pré-masque anagramme 2413, et plus fréquente dans ce dernier cas qu'avec un pré-masque anagramme 2143.

On voit donc que les deux termes de l'alternative sont particulièrement bien différenciés par l'effet de l'anagramme 4321 qui est le pire dans H2.A et le meilleur dans H2.B .



On peut cependant se demander si la distance moyenne entre les lettres homologues est bien le descripteur qui convient pour tester l'hypothèse d'un effet négatif de la proximité spatiale. On pourrait par exemple lui préférer un descripteur comme le nombre de lettres homologues se trouvant à distance 1, et l'on obtiendrait dans ce cas si la proximité des lettres homologues est bien le facteur déterminant recherché :

H2.B': L'identification des cibles lexicales est aussi fréquente avec un pré-masque anagramme 4321 qu'avec un pré-masque anagramme 2413, et plus fréquente dans ces deux derniers cas qu'avec un pré-masque anagramme 2143.

On voit donc que H2.B' est également bien différenciée de H2.A par l'effet de l'anagramme 4321 qui reste dans H2.B' l'un des meilleurs.

#### RESULTATS :

Les resultats concernant les cibles lexicales figurent dans le tableau 15.a et ceux concernant les cibles non lexicales figurent dans le tableau 15.b .

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	CONTROLE NON ANA.	ANAGRAMME 4321	ANAGRAMME 2143	ANAGRAMME 2413
Temps (ms)	638	627	616	625
Exactitude (%)	68	71,5	75,25	78,25

TABLEAU 15.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales positives pour les cibles lexicales suivant le type de pré-masque dans l'expérience 7.

On constate que l'identification des cibles lexicales est plus fréquente avec un pré-masque anagramme 2413 qu'avec un pré-masque alphabétique non anagramme de la cible ( $F(1;108) = 9,67 : p < .003$ ), ce qui confirme notre hypothèse H1 et donc la délocalisation des lettres individuelles dans la perception avec un effet d'anagramme positif par rapport à un contrôle alphabétique. En outre, l'effet de l'ensemble des pré-masques anagrammes de la cible par rapport au contrôle non anagramme est significatif ( $F(1;108) = 6,76 : p < .01$ ) et on a en particulier ici un effet positif des pré-masques anagrammes 2143 par rapport au contrôle non anagramme ( $F(1;108) = 4,84 : p < .03$ ), ce qui confirme l'évolution positive de l'effet des pré-masques anagrammes de la cible avec le degré d'entraînement des sujets à la tâche. Les raisons exactes de cette évolution ne nous sont pas connues, mais il est bien évident qu'il nous faudra ultérieurement en tenir compte pour une interprétation théorique des phénomènes.

On constate d'autre part que les performances d'identification des cibles lexicales associées aux trois types de pré-masques anagrammes de la cible s'ordonnent de façon exactement conforme à l'hypothèse H2.A et non aux hypothèses concurrentes H2.B et H2.B'. Les réponses exactes associées à l'ensemble des deux types de pré-masques anagrammes contenant des digrammes inverses de digrammes de la cible sont en moyenne tendanciellement moins nombreuses que les réponses exactes associées aux pré-masques anagrammes 2413 ( $F(1;108) = 2,92 : p < .10$ ), et les anagrammes 4321 donnent significativement moins d'identifications correctes des cibles lexicales que les anagrammes 2413 ( $F(1;108) = 4,19 : p < .05$ ). Par ailleurs, les valeurs voisines des pourcentages

de réponses exactes aux cibles lexicales ne se différencient pas significativement deux à deux, c'est-à-dire que la discrimination expérimentale des effets n'est pas très bonne. Cependant, il est clair que l'hypothèse H2.A est ici la seule à être admissible et la supériorité significative des anagrammes 2413 sur les anagrammes 4321 suffit à elle seule à le démontrer. Il semble donc que l'effet relativement négatif de certains pré-masques anagrammes de la cible soit lié à la présence de digrammes inverses de digrammes de la cible dans le pré-masque.

Les temps de réponses aux cibles lexicales sont ici assez courts, ce qui témoigne du niveau d'entraînement des sujets, mais on ne trouve sur ces temps aucun effet significatif des types de pré-masques.

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	CONTROLE NON ANA.	ANAGRAMME 4321	ANAGRAMME 2143	ANAGRAMME 2413
Temps (ms)	642	676	645	643
Exactitude (%)	79	77	78,5	79,75

TABLEAU 15.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque dans l'expérience 7.

En ce qui concerne les cibles non lexicales, on ne trouve aucun effet significatif des types de pré-masques sur l'exactitude des réponses, mais les pré-masques anagrammes 4321 produisent des temps de réponse significativement plus longs que les autres types de pré-masques ( $F(1;108) = 8,72 : p < .004$ ).



## CONCLUSIONS :

Nous avons trouvé un effet facilitateur général des pré-masques anagrammes de la cible par rapport à un pré-masque alphabétique quelconque, effet qui semble s'accroître avec le degré d'entraînement des sujets et qui est vraisemblablement lié à une délocalisation perceptive des lettres individuelles composant les stimulus.

Nous avons d'autre part trouvé un effet interférant particulier lié à la présence dans le pré-masque de digrammes inverses de digrammes de la cible, cet effet venant se combiner au précédent lorsque le pré-masque anagramme contient de tels digrammes inversés. Ceci laisse supposer que les digrammes jouent un certain rôle dans la perception des mots et que le système de traitement est tel qu'il existe une relation antagoniste particulière entre un digramme et son inverse exact. Le digramme est peut-être l'unité de codage résultant d'un processus de positionnement relatif des lettres les unes par rapport aux autres, c'est-à-dire d'une concaténation (ou "chainage") élémentaire des lettres deux à deux. Il pourrait s'agir là de la première ou de l'unique étape d'une reconstitution abstraite de l'ordre des lettres du stimulus à partir des unités de codage alphabétiques non positionnées, ce qui suppose en outre que la procédure de calcul des digrammes dispose d'un moyen de repérer au moins la position relative des lettres deux à deux, et nous avons songé plus haut au rôle que pourrait jouer l'ordre chronologique d'extraction des lettres du signal dans un processus d'extraction séquentielle (cf. Exp. 2, p. 239).

### 11.8 Expérience 8 (Chr.4) : Anagrammes par permutation circulaire.

#### PROBLEME :

Cette expérience avait été initialement conçue dans un but essentiellement exploratoire et nous la présentons ici en raison des développements auxquels elle a donné lieu et que nous exposerons dans les comptes rendus d'expériences suivants.

Il s'agit ici d'examiner systématiquement l'effet sur la perception des mots cibles de tous les pré-masques anagrammes obtenus par permutation circulaire des lettres de la cible. L'idée est issue des observations réalisées dans l'expérience 6 en ce qui concerne l'effet positif des pré-masques anagrammes 3412 qui représentent l'une des trois permutations circulaires possibles des lettres de la cible (sans compter la permutation identique). Compte tenu des résultats obtenus jusqu'ici, nous pouvons seulement nous attendre à ce que tous les pré-masques anagrammes de la cible aient un effet positif par rapport à un contrôle alphabétique non anagramme, mais les éventuelles variations de l'effet suivant la permutation circulaire utilisée ne sont pas a priori prévisibles puisqu'aucune des permutations circulaires ne contient de digrammes inverses de digrammes de la cible et que chacune d'elle contient exactement deux des trois digrammes de la cible. Toutefois, le digramme manquant dans chacune des permutations circulaires n'est jamais le même, de sorte que si nous supposons que la présence d'un certain digramme dans le pré-masque en facilite relativement la perception dans la cible et si nous généralisons aux digrammes l'idée d'une

certaine prépondérance des unités gauches sur les unités droites dans le processus d'identification du mot, alors nous sommes en mesure de prévoir qu'une permutation circulaire produira un effet positif sur la perception du mot cible d'autant plus important que le digramme manquant dans le pré-masque est plus à droite dans la cible.

#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous utilisons la technique de pré-masquage avec les mêmes stimulus cibles que ceux de l'expérience 7, soit 40 mots de quatre lettres ne possédant pas d'anagramme en français et 40 pseudo-mots paragrammes de mots, avec toujours 40 stimulus supplémentaires pour la mise en condition des sujets. Nous avons quatre types de pré-masques dont un type contrôle alphabétique non anagramme de la cible, et les trois anagrammes par permutation circulaire de la cible, c'est-à-dire l'anagramme 2341 (exemple: ANCB pour BANC), l'anagramme 3412 (ex. : NCBA pour BANC) déjà utilisée dans l'expérience 6, et enfin l'anagramme 4123 (ex. : CBAN pour BANC). L'anagramme 2341 ne contient pas le digramme initial de la cible (12), l'anagramme 3412 ne contient pas le digramme médian (23) et l'anagramme 4123 ne contient pas le digramme terminal (34). Le pré-masque est toujours affiché aux positions 1, 2, 3 et 4 comme dans les expériences précédentes. Il y a 10 occurrences de chaque type de pré-masque pour chacun des deux types de cibles, des listes de 10 items cibles étant croisées en carré latin avec les types de pré-masques, ce qui définit 4 groupes de sujets (voir les stimulus en ANNEXE).



#### FACTEURS ET PLAN :

Nous avons un facteur expérimental à quatre modalités :

$A_4$  = Type de pré-masque

= { Contrôle Non Anagramme, Anagramme 2341, Anagramme 3412,  
Anagramme 4123 }

Le plan d'analyse est :  $I_{10} \langle A_4 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$

avec la signification habituelle des facteurs I, S et G.

Les cibles lexicales et non lexicales donnent toujours lieu à des analyses séparées.

#### HYPOTHESES :

En raison de la délocalisation perceptive des unités alphabétiques, nous attendons un effet positif des pré-masques anagrammes de la cible par rapport au contrôle alphabétique :

H1 : L'identification des cibles lexicales est plus fréquente avec les différents pré-masques anagrammes de la cible qu'avec un pré-masque composé de lettres étrangères à la cible.

D'autre part, si nous supposons que la présence d'un certain digramme dans le pré-masque facilite sa perception dans la cible par un effet d'amorçage perceptif délocalisé, ou éventuellement que les digrammes délocalisés peuvent activer des unités lexicales, et si nous supposons en outre qu'il existe pour les digrammes de la cible un ordre de prépondérance décroissant de gauche à droite comme pour les lettres individuelles, nous avons :

H2 : L'identification des cibles lexicales est moins fréquente avec un pré-masque anagramme 2341 qu'avec un pré-masque anagramme 3412, et moins fréquente dans ce dernier cas qu'avec un pré-masque anagramme 4123.

# RESULTATS :

Les résultats concernant les cibles lexicales figurent dans le tableau 16.a et ceux concernant les cibles non lexicales dans le tableau 16.b.

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	CONTROLE NON ANA.	ANAGRAMME 2341	ANAGRAMME 3412	ANAGRAMME 4123
Temps (ms)	694	710	673	673
Exactitude (%)	69,25	79	85	81,75

TABLEAU 16.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales positives pour les cibles lexicales suivant le type de pré-masque dans l'expérience 8.

On constate que les mots cibles sont plus fréquemment identifiés avec les pré-masques anagrammes qu'avec un pré-masque alphabétique quelconque ( $F(1;108) = 27,37 : p < .001$ ), ce qui confirme notre hypothèse H1 et donc l'effet positif général des pré-masques anagrammes de la cible.

L'identification du mot cible est moins fréquente avec un pré-masque anagramme 2341 qu'avec un pré-masque anagramme 3412 ( $F(1;108) = 4,09 : p < .05$ ), mais la fréquence d'identification avec un pré-masque anagramme 4123 ne se différencie signifi-

tivement d'aucune des fréquences obtenues avec les deux autres types d'anagrammes. Toutefois, l'indétermination du résultat peut être levée en considérant les temps de réponse. Le hasard a voulu que les temps de réponse moyens pour les pré-masques anagrammes 3412 et 4123 soient identiques. Par ailleurs ces temps de réponse sont significativement inférieurs au temps de réponse moyen obtenu avec un pré-masque anagramme 2341 ( $F(1;108) = 6,30 : p < .02$ ). Il semble donc que les anagrammes 3412 et 4123 donnent des performances sensiblement équivalentes entre elles et supérieures à celles que donnent les anagrammes 2341. Ce résultat ne confirme pas notre hypothèse H2, mais on peut voir qu'il y a une compatibilité partielle en ce qui concerne le premier des deux écarts attendus. Toutefois, il faut bien se garder ici de toute interprétation prématurée du résultat, ainsi que nous le verrons ultérieurement.

	TYPE DE PRE-MASQUE			
	CONTROLE NON ANA.	ANAGRAMME 2341	ANAGRAMME 3412	ANAGRAMME 4123
Temps (ms)	758	801	789	797
Exactitude (%)	82	83	77,5	80

TABLEAU 16.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque dans l'expérience 8.

En ce qui concerne les cibles non lexicales, les résultats tendent ici encore à être en miroir de ceux obtenus avec les mots, mais l'effet général des pré-masques anagramme semble être transféré de l'exactitude au temps de réponse.



## DISCUSSION :

Il semble donc définitivement acquis que les pré-masques anagrammes de la cible entraînent très généralement des performances d'identification des mots cibles supérieures aux performances obtenues avec un pré-masque constitué de lettres étrangères à la cible, sauf éventuellement lorsqu'un effet de digrammes inversés vient contrecarrer l'effet général d'anagramme chez des sujets relativement peu entraînés.

Nous avons d'autre part trouvé que l'anagramme par permutation circulaire 2341 de la cible entraîne des performances d'identification des mots cibles inférieures à celles qu'on obtient avec les deux autres permutations circulaires, lesquelles donnent des performances sensiblement équivalentes entre elles. Ce résultat pourrait admettre diverses interprétations plus ou moins "ad hoc", telle par exemple l'hypothèse que seul le premier digramme joue un rôle prépondérant particulier dans le processus d'identification du mot cible, les deux digrammes suivants ayant des rôles sensiblement équivalents entre eux. Encore faudrait-il être sûr, pour admettre une telle interprétation, que notre supposition suivant laquelle il existerait un phénomène de facilitation perceptive résultant de la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque est correcte, ce que nous n'avons pas démontré jusqu'à présent. Il nous faut donc pour l'instant laisser l'interprétation de ce résultat quelque peu équivoque en suspens jusqu'à plus ample information.

11.9 Expérience 9 (Chr.9): Quel est le rôle des digrammes ?

PROBLEME :

Nous tenterons dans cette expérience de dégager un effet positif associé à la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque, et qui soit discernable de l'effet positif général des pré-masques anagrammes de la cibles. L'issue de cette expérience sera bien évidemment de nature à orienter notre interprétation générale du rôle des digrammes dans la perception du stimulus, rôle dont l'effet de l'inversion des digrammes observé dans l'expérience 7 laisse supposer la réalité. D'autre part, ainsi que nous l'avons signalé p. 309, l'interprétation des résultats de l'expérience 8 dépend étroitement de la mise en évidence d'un effet facilitateur spécifiquement lié à la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque.

Nous tenterons d'observer un effet positif des digrammes au travers de deux phénomènes distincts, bien que probablement liés par les processus sous-jacents qui les engendrent, qui sont d'une part les phénomènes d'amorçage perceptif dont relève peut-être l'effet général des pré-masques anagrammes de la cible, et d'autre part les phénomènes de "restauration perceptive" de certaines informations dégradées dans la cible et présentes dans le pré-masque dont relèvent sans doute les "effets de restauration lexicale" observés dans l'expérience 5. Mais en fait, étant donnée la composante locale de l'effet de masque alphabétique, il est possible que nous observions généralement des phénomènes de restauration perceptive d'informations dégradées plutôt que des effets d'amorçage à proprement parler.

## MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous utilisons la technique de pré-masquage avec des mots et pseudo-mots cibles identiques à ceux de la seconde séance de l'expérience 6, c'est-à-dire 40 mots de quatre lettres ne possédant pas d'anagrammes dans la langue française et 40 pseudo-mots paragrammes de mots. Il y a toujours 40 items supplémentaires pour la mise en condition des sujets.

La cible peut être affichée seule après le pré-masque, ou flanquée d'une étoile à gauche (position 0), cette étoile ayant pour fonction d'engendrer un effet de masque latéral visuel sur les éléments initiaux de la cible. Les sujets sont prévenus de cette manipulation et sont priés de ne pas tenir compte de la présence éventuelle de l'étoile lorsqu'ils la perçoivent.

Les pré-masques sont deux types différents d'anagrammes de la cible affichés aux positions 1, 2, 3 et 4, c'est-à-dire les positions des lettres de la cible. Nous utilisons d'une part l'anagramme 3412 qui est la permutation circulaire de la cible donnant les meilleures performances dans l'expérience 7 et qui contient le digramme initial ainsi que le digramme terminal de la cible. Nous utilisons d'autre part l'anagramme 2413 qui est une anagramme contrôle ne contenant aucun digramme de la cible ni aucun digramme inverse d'un digramme de la cible.

Le croisement des conditions d'affichage de la cible (avec ou sans masque visuel à gauche) et des types de pré-masques anagrammes définit quatre traitements expérimentaux, des listes de 10 items cibles étant croisées en carré latin avec ces traitements, ce qui entraîne la formation de 4 groupes de 10 sujets (cf. ANNEXE).



FACTEURS ET PLAN :

Outre les facteurs aléatoires Items ( $I_{40}$ ) et Sujets ( $S_{40}$ ), et le facteur Groupe ( $G_4$ ), nous avons deux facteurs expérimentaux qui sont :

$M_2$  = Condition d'affichage de la cible  
= { Sans masque à gauche, Avec masque à gauche }

$A_2$  = Type de pré-masque anagramme  
= { Anagramme 3412 , Anagramme 2413 }

Les résultats concernant les cibles lexicales et non lexicales sont analysés séparément et nous avons le plan d'analyse :

$$I_{10} \langle M_2 * A_2 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$$

HYPOTHESES :

Si le masque latéral de la cible remplit son office, nous attendons :

H1 : L'identification des mots cibles est plus fréquente lorsque la cible n'est pas masquée à gauche plutôt que lorsqu'elle l'est.

Si la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque facilite relativement la perception de la cible, nous attendons :

H2 : L'identification des mots cibles est plus fréquente avec un pré-masque anagramme 3412 qu'avec un pré-masque anagramme 2413.

Si le digramme 12 de l'anagramme 3412 "restaure" le digramme 12 dégradé dans la cible par un masque latéral, nous espérons :

H3 : L'effet du masquage latéral gauche de la cible est moins important lorsque le pré-masque est une anagramme 3412 de la cible plutôt qu'une anagramme 2413.

Remarquons que la validation de H3 ne pourrait s'interpréter que comme une restauration du digramme initial et non uniquement de la première lettre qui occupe exactement la même position dans les deux anagrammes.

#### RESULTATS :

On trouvera les résultats concernant les cibles lexicales dans le tableau 17.a et les résultats concernant les cibles non lexicales dans le tableau 17.b.

		TYPE DE PRE-MASQUE		
		ANAGRAMME 3412	ANAGRAMME 2413	
CIBLE SANS MASQUE	(ms)	595	600	598
	(%)	77,5	78,25	77,875
CIBLE AVEC MASQUE	(ms)	623	634	628
	(%)	66	64,25	65,125
		609 ms	617 ms	
		71,75 %	71,25 %	

TABLEAU 17.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales positives pour les cibles lexicales suivant que la cible est flanquée ou non d'un masque latéral visuel à gauche et suivant le type de pré-masque anagramme de la cible utilisé.

En ce qui concerne l'exactitude des réponses aux cibles lexicales, on constate que les performances sont moins bonnes lorsque la cible est flanquée d'une étoile à gauche ( $F(1;36) = 34,5 : p < .001$ ), ce qui confirme notre hypothèse H1. Cependant, on ne trouve pas d'effet significatif du type de pré-masque anagramme utilisé ( $F(1;36) < 1$ ) et on ne trouve pas non plus d'interaction significative du type de pré-masque avec la condition d'affichage de la cible ( $F(1;36) < 1$ ), ce qui doit nous conduire à rejeter nos hypothèses H2 et H3, c'est-à-dire l'idée d'un effet positif particulier de la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque. Devant le caractère inattendu de ces résultats, nous avons procédé à une analyse fiducio-bayésienne des données pour évaluer la cohérence des conclusions qui semblent se dégager (cf. Lépine et Rouanet, 1975, et Lecoutre, 1978). Le problème est ici de savoir si nous pouvons simultanément établir une conclusion d'effet notable pour l'effet du masque latéral de la cible et des conclusions d'effet négligeable pour les deux autres sources de variation critiques. La conclusion de cohérence est établie si, pour une garantie fiduciaire convenable que nous fixerons à .95, on n'observe pas de recouvrement des limites fiduciaires associées à l'effet notable et aux effets supposés négligeables. Nous avons pour les trois sources de variation examinées :

$$\begin{array}{lll} d_M = 12,75 \% , F(1;36) = 34,5 & : & P^*(\delta_M^* > 9,1 \%) = .95 \\ d_A = 0,5 \% , F(1;36) = .047968 & : & P^*(|\delta_A^*| < 4,7 \%) = .95 \\ d_{M.A} = 2,5 \% , F(1;36) = .526314 & : & P^*(|\delta_{M.A}^*| < 8,9 \%) = .95 \end{array}$$



Nous voyons donc qu'il n'y a pas d'incohérence des conclusions, et par conséquent, nous rejetons H2 et H3.

Les temps de réponse confirment cette conclusion avec un effet significatif du masquage latéral de la cible ( $F(1;36) = 5,28 : p < .03$ ) et aucun effet significatif des deux autres sources systématiques ( $F < 1$  dans les deux cas).

Il est donc clair que les digrammes de la cible présents dans un pré-masque anagramme sont sans effet sur la perception du mot cible. En outre, nous remarquons également que le fait d'utiliser comme pré-masque une anagramme par permutation circulaire des lettres de la cible n'ajoute rien de particulier à l'effet général des pré-masques anagrammes de la cible lexicale.

		TYPE DE PRE-MASQUE		
		ANAGRAMME 3412	ANAGRAMME 2413	
CIBLE	(ms)	652	652	652
SANS				
MASQUE	(%)	77,25	75,5	76,375
CIBLE	(ms)	641	646	643
AVEC				
MASQUE	(%)	84,25	80,25	82,25
		646 ms	649 ms	
		80,75 %	77,875 %	

TABLÉAU 17.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales suivant que la cible est flanquée ou non d'un masque latéral visuel à gauche et suivant le type de pré-masque anagramme de la cible utilisé.

En ce qui concerne les cibles non lexicales, on constate que le masquage latéral de la cible augmente l'exactitude des réponses ( $F(1;36) = 9,84 : p < .004$ ), c'est-à-dire que l'admission d'hypothèses lexicales erronées à partir de stimulus paragrammes de mots réels est moins fréquente lorsque le stimulus est dégradé par un masque visuel à gauche. D'autre part, les fausses identifications de mots à partir de ces cibles non lexicales sont moins fréquentes avec un pré-masque anagramme 3412 de la cible plutôt qu'avec un pré-masque anagramme 2413, cet effet approchant le seuil de signification statistique conventionnel de .05 ( $F(1;36) = 3,86 : p < .058$ ). Autrement dit, les digrammes de la cible contenus dans le pré-masque pourraient effectivement jouer un rôle positif, mais uniquement dans le processus qui conduit à reconnaître le caractère non lexical de la cible. Ce résultat pourrait bien être la clef du mystère concernant le rôle exact des digrammes, aussi nous permettons nous de le souligner.

L'interaction entre la condition d'affichage de la cible et le type de pré-masque n'est pas significative en ce qui concerne l'exactitude des réponses ( $F(1;36) < 1$ ).

Pour ce qui est des temps de réponse aux cibles non lexicales, on ne détecte d'effet significatif pour aucune des sources de variation systématiques ( $F < 1$  dans tous les cas).

On voit donc que les résultats obtenus avec les cibles non lexicales nous fournissent ici une information nouvelle par rapport aux résultats obtenus avec les cibles lexicales, information dont il nous faudra tenir compte dans l'interprétation de la fonction perceptive des digrammes.

#### DISCUSSION :

Malgré l'aspect de prime abord assez négatif des résultats, cette expérience est en fait très riche d'enseignements et de suggestions compte tenu des résultats précédemment acquis auxquels nous allons pouvoir donner un éclairage tout-à-fait inattendu.

Nous avons constaté ici que la présence de certains digrammes constituants de la cible dans le pré-masque anagramme n'entraîne pas d'effet particulier sur l'identification des cibles lexicales, mais en revanche, elle entraîne une diminution de la fréquence des fausses identifications lexicales de pseudo-mots paragrammes de vrais mots qui par ailleurs, dans les diverses expériences, donnent fréquemment lieu à des émissions d'hypothèses lexicales erronées. Nous devons donc inévitablement supposer que d'une façon ou d'une autre, les digrammes interviennent dans la formation d'une représentation perceptive du stimulus, sans quoi ils ne devraient pas avoir d'effet sur la perception des pseudo-mots (notons que cet effet est obtenu avec des digrammes délocalisés). Cependant, il nous faut aussi supposer que le digramme délocalisé n'est pas utilisé comme unité de codage activatrice des entrées du lexique sans quoi nous devrions avoir un effet positif des digrammes du pré-masque anagramme 3412 sur la perception du mot cible, de la même façon que nous avons un effet positif des lettres individuelles délocalisées. Toutefois, nous sommes bien forcés d'admettre que le digramme joue également un certain rôle dans le processus de reconnaissance des mots puisque l'effet des digrammes inversés dégagé dans l'expérience 7 porte sur l'identification des cibles lexicales. Constatons alors



que chaque fois que nous mettons en évidence un effet lié à cette unité particulière qu'est le digramme, il ne s'agit jamais d'un effet provoquant des décisions lexicales positives, mais toujours d'un effet empêchant à tert (exp.7) ou à raison (ici) la reconnaissance d'un mot. L'interprétation générale du rôle des digrammes qui semble se dégager de ces constatations est la suivante :

Le digramme pourrait être l'unité de construction d'une représentation abstraite mais relativement fidèle du stimulus servant de référence à un processus de contrôle d'hypothèses lexicales émises sur la base d'une représentation imparfaite ou incomplète du signal stimulus.

Disons, pour fixer les idées, que les hypothèses lexicales pourraient être émises à partir d'une activation de détecteurs lexicaux par les unités alphabétiques non positionnées, mais cependant extraites en séquence ordonnée dans le temps, les détecteurs lexicaux ne comptabilisant que les lettres qui sont compatibles avec leurs spécifications propres. Cette dernière supposition n'a sans doute pas valeur de nécessité, mais elles s'accorde assez bien avec les phénomènes d'émission d'hypothèses lexicales à partir de paragrammes de mots courts.

Poursuivant nos constatations, nous remarquons que les pré-masques anagrammes 3412 et 2413 ont dans cette expérience des effets équivalents sur les cibles lexicales. Or, si nous nous reportons à l'expérience 6, nous constatons qu'il y a entre l'anagramme 3412 et l'anagramme 2143 un écart très significatif de 12,5 % de réponses exactes pour les cibles lexicales. Mais

si nous nous reportons à l'expérience 7, nous constatons qu'il n'y a entre l'anagramme 2413 et l'anagramme 2143 qu'un écart non significatif, quoique de même sens que le précédent, de 3 % de réponses exactes pour les cibles lexicales. Nous serions donc en présence d'une importante réduction de l'effet d'inversion des digrammes coïncidant avec l'évolution positive de l'effet général des pré-masques anagrammes de la cible et avec un niveau d'entraînement des sujets relativement poussé. Nous pouvons comprendre ces évolutions des phénomènes si nous supposons que le sujet dispose d'un certain contrôle stratégique de la procédure de test des hypothèses lexicales émises par le système de détection des mots. Considérons une situation de départ où le sujet, relativement naïf, utilise spontanément une stratégie qui consiste à ne fonder ses décisions de reconnaissance de mots que sur le résultat d'un test de compatibilité systématique et relativement complet ou exigeant entre la représentation à base de digrammes du stimulus et une hypothèse lexicale émise par le système de détection des mots. Dans ce cas, la structure d'un pré-masque anagramme de la cible pourra jouer un rôle important par son action sur la formation de la représentation abstraite du stimulus en digrammes et par la "censure" des hypothèses lexicales qui en résultera en cas d'action trop déformante des digrammes du pré-masque sur ceux de la cible, et nous avons à ce propos identifié la relation d'inversion entre digrammes de même composition alphabétique comme un important facteur de déformation perceptive (cf. Exp. 7)<sup>1</sup>. Considérons à présent une évolution de la stratégie du sujet où l'importance

accordée à la procédure de test des hypothèses lexicales, ou à son résultat, dans le processus de décision lexicale dépend de la "plausibilité a priori" de l'hypothèse lexicale émise par le système de détection des mots, de sorte qu'une hypothèse lexicale suffisamment plausible pourra être admise sur la base d'un test de compatibilité avec la représentation du stimulus relativement réduit ou peu concluant, alors qu'une hypothèse lexicale insuffisamment plausible ne pourra être admise que sur la base d'un test de compatibilité concluant. Cette idée de "plausibilité" d'une hypothèse lexicale pourrait concrètement être associée au niveau d'activation du détecteur lexical correspondant, ou encore à une certaine forme de rapport de ce niveau d'activation au niveau d'activation de l'ensemble des détecteurs lexicaux concurrents, ainsi que le suggèrent actuellement de nombreux auteurs (cf. Schubert et Eimas, 1977, ou McClelland et Rumelhart, 1981 par exemple). Dans ces conditions, on peut s'attendre à ce que les cibles lexicales donnent généralement lieu à des hypothèses lexicales assez plausibles, non seulement parce que ce sont des mots complets, mais aussi éventuellement parce que les mots cibles que nous utilisons ne possèdent pas d'anagrammes dans le lexique français, de sorte que si les unités lexicales sont effectivement activées par des lettres non positionnées, la seule connaissance des lettres composant le stimulus suffit à déterminer univoquement l'identité du mot sans qu'il soit nécessaire de déterminer l'ordre de ces lettres. Il s'ensuit que nos mots cibles rencontreront peu de concurrence dans le lexique lors du processus de détection lexicale. En outre,



un éventuel pré-masque anagramme contribuera à activer le détecteur lexical approprié. En revanche, les cibles non lexicales devraient donner lieu à des hypothèses lexicales modérément plausibles, non seulement parce que ce ne sont pas des mots complets, mais aussi parce que bon nombre de ces pseudo-mots sont partiellement compatibles à une lettre près avec plusieurs mots différents. Quoiqu'il en soit dans le détail, il est de toute façon probable que les cibles lexicales donnent lieu à des émissions d'hypothèses lexicales plus franches que les cibles non lexicales. Il s'ensuit que si notre hypothèse sur l'évolution des stratégies est à peu près correcte, alors les hypothèses lexicales émises par le système perceptif à partir d'un mot cible seront admises avec un contrôle de compatibilité réduit ou assez peu exigeant par rapport à la représentation en digrammes du stimulus, alors que les hypothèses lexicales issues de cibles non lexicales seront plus sévèrement ou plus systématiquement contrôlées. Nous comprenons alors pourquoi, dans la présente expérience où le niveau d'entraînement des sujets est élevé, la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque n'a d'incidence que sur le rejet des pseudo-mots. C'est qu'il y a effectivement un phénomène d'amorçage perceptif des digrammes, mais ceux-ci n'ont de rôle que dans le processus de rejet des hypothèses lexicales erronées.

Nous comprenons également pourquoi l'effet général des pré-masques anagrammes de la cible lexicale évolue positivement avec l'entraînement des sujets. C'est en fait probablement que cet effet résulte de l'activation des unités lexicales par les lettres délocalisées du pré-masque, mais l'effet par lui-même positif est

contré par la procédure de contrôle des hypothèses lexicales utilisée par les sujets peu entraînés. En somme, l'anagramme activerait le lexique, mais engendrerait un "bruit" plus ou moins important, suivant sa structure, dans le processus de construction de la représentation du stimulus servant de référence pour le contrôle des hypothèses lexicales.

Il nous reste à présent à comprendre pourquoi, dans l'expérience 8, le pré-masque anagramme 2341 entraîne des performances inférieures à celles qu'on obtient avec les anagrammes 3412 et 4123, alors que dans la présente expérience nous ne constatons pas d'effet positif de la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque lorsque la cible est lexicale. L'interprétation que nous avons proposée dans l'expérience 8 en termes de "poids" relatif des digrammes suivant leur rang dans la cible lexicale reposait sur l'idée d'un amorçage perceptif des digrammes jouant un rôle non négligeable dans la perception du mot cible. Or nous savons à présent que ce rôle peut être considéré comme négligeable pour des sujets entraînés, de sorte qu'il nous faudrait supposer que le niveau d'entraînement des sujets dans l'expérience 8, qui est chronologiquement la quatrième en réalité, était tel que les digrammes pouvaient encore jouer un rôle relativement important dans l'identification des mots. C'est là bien sûr une éventualité qui ne peut pas être rejetée a priori, cependant, nous constatons que l'effet positif des pré-masques anagrammes de la cible atteint son plus haut niveau dans l'expérience 8 où nous avons sur les cibles lexicales pour l'anagramme 3412 85 % de réponses correctes contre 73 % dans l'expérience 6 (Chr.1). Il ne fait donc pas de doute qu'une évolution straté-

gique importante a déjà eu lieu lors de l'expérience 8, ce qui ne nous incite guère à retenir l'hypothèse précédente. Supposons donc que dans l'expérience 8, comme dans la présente expérience, il n'y a pas d'effet positif des digrammes de la cible contenus dans le pré-masque, en ce qui concerne la perception des mots. Nous sommes alors conduits à interpréter l'infériorité de l'anagramme 2341 comme résultant d'un effet négatif particulier par rapport aux autres permutations circulaires de la cible, c'est à dire qu'il y aurait dans l'anagramme 2341 "quelque chose" de particulier qui tend à entraver la perception du mot cible. Or, le seul effet négatif particulier de la structure d'un pré-masque anagramme que nous ayons pu identifier jusqu'à présent résulte de l'inversion des digrammes (cf. Exp. 6 et 7). Est-ce à dire que nous aurions dans l'anagramme 2341 quelque chose d'analogue à un digramme de la cible inversé ? La seule possibilité réside dans la transition de la première lettre de la cible avec l'espacement latéral qui délimite la chaîne de caractères. Faut-il alors supposer que l'espacement latéral joue un rôle analogue à celui d'un caractère alphabétique et que nous avons dans l'anagramme 2341 une inversion du "digramme" 01 de la cible ? Si cela est, nous préférons le terme plus général de "transition" à celui de "digramme" et nous parlerons donc de "transitions inverses" plutôt que de "digrammes inverses".

Cependant, nous avons également dans l'expérience 8 des pré-masques anagrammes 4123 qui, sans donner les meilleures performances d'identification des cibles lexicales, ne produisent pas d'effet négatif détectable. Or ces anagrammes inversent la transition 45



de la dernière lettre de la cible avec l'espacement latéral droit, de sorte que si notre hypothèse est correcte, nous n'observons pas d'effet de transition inversée là où nous devrions en observer un. Nous pouvons peut-être alors refaire appel à notre idée initiale suivant laquelle les unités gauches joueraient un rôle prépondérant par rapport aux unités droites de la cible. Nous pourrions alors supposer que l'inversion de la transition terminale ne produit pas d'effet négatif détectable parce que cette transition ne joue qu'un rôle mineur dans le processus de reconnaissance du mot cible.

Il est un autre point qu'il convient de noter si nous accordons aux espacements latéraux un statut de "caractères orthographiques", c'est que le masque latéral gauche que nous avons utilisé dans cette expérience pour certaines des cibles ne serait en fait pas un masque latéral mais bel et bien un masque local pour l'espacement gauche, de sorte que c'est la transition Ol qui serait masquée dans la cible, ce qui expliquerait différemment l'effet de "masque latéral" que nous avons observé. Constatons également qu'aucun des deux pré-masques anagrammes utilisés ne contient la transition Ol de la cible, de sorte que si nous n'avons pas observé de phénomènes de restauration de la cible masquée à gauche, c'est peut-être simplement que nous n'avons pas mis dans le pré-masque l'élément effectivement dégradé dans la cible.

11.10 Expérience 10 (Chr.7): Le caractère délimiteur de chaîne.

PROBLEME :

Nous avons été conduits, à l'issue des expériences 8 et 9, à émettre l'hypothèse suivant laquelle les espacements latéraux pourraient avoir dans la perception un rôle de caractères orthographiques "délimiteurs" de la chaîne de caractères et être pris en compte dans le calcul perceptif des transitions, de sorte que la première transition d'un stimulus cible ne serait pas la transition 12 mais plutôt la transition 01, et la dernière transition ne serait pas, pour une cible de quatre lettres, la transition 34 mais plutôt la transition 45. Le caractère d'espacement étant représenté deux fois pour une chaîne cible, c'est-à-dire aux positions 0 et 5, nous ne le noterons pas par sa position, sauf si nous désirons la spécifier comme précédemment, mais par le symbole " Ø ".

Nous avons également été amenés à soupçonner que le masque latéral gauche appliqué à certaines cibles dans l'expérience 9 pourrait en fait jouer le rôle d'un masque local pour le caractère d'espacement et donc pour la transition Ø1 de la cible, de sorte que l'absence de phénomènes de restauration de la cible par le pré-masque anagramme 3412 serait simplement liée au fait que ce pré-masque ne contient pas la transition effectivement dégradée dans la cible (dont nous pensions à l'origine que ce serait la transition 12).

Notre propos dans la présente expérience est de vérifier le bien fondé de ces suppositions en tentant de dégager un effet de res-

tauration et un effet de transition inversée pour une transition avec le caractère  $\emptyset$  (espacement latéral).

#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous utilisons la technique de pré-masquage avec les mêmes stimulus cibles que dans l'expérience 9, mais ici chaque cible est flanquée d'une étoile à gauche (position 0) et d'une étoile à droite (position 5), de sorte que les transitions  $\emptyset 1$  et  $4\emptyset$  de la cible sont masquées sur leur composante  $\emptyset$ . Les sujets sont prévenus de cette manipulation et sont priés de ne pas tenir compte des étoiles latérales dans leurs décisions. Précisons que le post-masque, également constitué d'étoiles, couvre toutes les positions de 0 à 5. Les pré-masques sont de quatre sortes et sont construits soit à partir de l'anagramme 2341 de la cible, soit à partir de l'anagramme 3412. L'anagramme peut être affichée sans modification aux positions 1, 2, 3 et 4, mais elle peut aussi être affichée avec un espacement à la position 4, la dernière lettre de l'anagramme étant alors affichée à la position 5. Nous avons donc les quatre types de pré-masques anagrammes de la cible : 2341, 234 $\emptyset$ 1, 3412 et 341 $\emptyset$ 2. Rappelons que nous avons trouvé dans l'expérience 8 de meilleures performances avec le pré-masque anagramme 3412 qu'avec le pré-masque anagramme 2341 pour les cibles lexicales, et considérons ici que la description de chaque type de pré-masque peut être complétée par un caractère  $\emptyset$  à gauche et à droite (espacements latéraux délimitant le pré-masque). L'anagramme 2341 contient une transition inversée 1 $\emptyset$ , mais le pré-masque 234 $\emptyset$ 1 contient aussi la transition  $\emptyset 1$  correcte



ainsi que la transition 4Ø qui sont toutes deux masquées dans la cible. L'anagramme 3412 ne contient ni les transitions masquées dans la cible ni leurs inverses, mais le pré-masque 341Ø2 contient la transition inversée 1Ø.

La passation est comme toujours introduite par 40 essais pour la mise en condition des sujets. En ce qui concerne les stimulus tests, nous avons quatre listes de 10 mots cibles et quatre listes de 10 pseudo-mots cibles, les listes étant croisées en carré latin avec les types de pré-masques, ce qui entraîne la formation de quatre groupes de sujets (voir matériel en ANNEXE).

#### FACTEURS ET PLAN :

Les données concernant les cibles lexicales et non lexicales sont analysées séparément. Nous avons les facteurs aléatoires Items ( $I_{40}$ ) et Sujets ( $S_{40}$ ), ainsi que le facteur Groupe ( $G_4$ ) et deux facteurs systématiques :

$A_2$  = Type d'anagramme utilisée dans le pré-masque  
= { Anagramme 2341, Anagramme 3412 }

$E_2$  = Insertion d'un espacement à la position 4 du pré-masque  
= { Sans espacement, Avec espacement }

Le croisement de ces deux facteurs définit les quatre types de pré-masques utilisés.

Le plan d'analyse est :

$$I_{10} \langle E_2 * A_2 \rangle * S_{10} \langle G_4 \rangle$$

# HYPOTHESES :

Si nos suppositions concernant le rôle du caractère d'espacement dans le calcul perceptif des transitions sont correctes, on peut remarquer que l'insertion d'un espacement à la position 4 dans le pré-masque entraîne la formation de deux transitions correctes, qui sont masquées dans la cible, lorsqu'on utilise l'anagramme 2341. En revanche, si l'on utilise l'anagramme 3412, l'insertion de l'espacement entraîne la formation de deux transitions incorrectes avec le caractère  $\emptyset$ , dont une est inverse de la transition correcte  $\emptyset 1$  masquée dans la cible et l'autre est fausse ( $\emptyset 2$ ). Par ailleurs, l'anagramme 2341 sans espacement contient aussi les deux transitions incorrectes  $\emptyset 2$  et  $1\emptyset$ , mais le pré-masque 341 $\emptyset 2$  contient deux transitions avec  $\emptyset$  incorrectes en plus ( $\emptyset 3, 2\emptyset$ ). Nous pouvons décrire les pré-masques à l'aide de trois descripteurs concernant les transitions avec l'espacement qui sont masquées dans la cible :

- . Nombre de transitions correctes avec l'espacement ( $C(\emptyset)$ )
- . Nombre de transitions fausses avec l'espacement ( $F(\emptyset)$ )
- . Nombre de transitions inversées avec l'espacement ( $I(\emptyset)$ )

Nous avons alors pour chaque type de pré-masque :

- . Pré-masque 2341 :  $C(\emptyset) = 0$  ,  $F(\emptyset) = 2$  ,  $I(\emptyset) = 1$
- . Pré-masque 234 $\emptyset 1$  :  $C(\emptyset) = 2$  ,  $F(\emptyset) = 2$  ,  $I(\emptyset) = 1$
- . Pré-masque 3412 :  $C(\emptyset) = 0$  ,  $F(\emptyset) = 2$  ,  $I(\emptyset) = 0$
- . Pré-masque 341 $\emptyset 2$  :  $C(\emptyset) = 0$  ,  $F(\emptyset) = 4$  ,  $I(\emptyset) = 1$

Nous pouvons alors formuler trois suppositions de base :

- a) L'effet de  $C(\emptyset)$  sur l'identification des cibles lexicales est positif si les transitions du pré-masque restaurent utilement celles qui sont masquées dans la cible.

- b) L'effet de  $F(\emptyset)$  sur l'identification des cibles lexicales est négatif si les transitions fausses du pré-masque engendrent des restaurations fausses des transitions masquées dans la cible.
- c) L'effet de  $I(\emptyset)$  sur l'identification des cibles lexicales est négatif s'il y a un effet de transitions inversées sur les transitions masquées dans la cible.

Chaque combinaison possible de ces suppositions de base engendre un système de prédictions expérimentales particulier et discernable des autres, mais dans tous les cas on obtient une interaction entre le "type d'anagramme" et "l'insertion d'un espacement", c'est-à-dire entre les deux facteurs principaux du plan, s'il est vrai que le caractère d'espacement est pris en compte dans le calcul perceptif des transitions et si celles-ci jouent un rôle dans la perception des cibles lexicales (d'où l'intérêt particulier du matériel et des facteurs expérimentaux choisis). En désignant par "+" les décisions lexicales positives pour les cibles lexicales, les différentes combinaisons des suppositions de base donnent les prédictions :

- Si a :  $f(+/234\emptyset1) > f(+/2341) = f(+/3412) = f(+/341\emptyset2)$ .
- Si b :  $f(+/234\emptyset1) = f(+/2341) = f(+/3412) > f(+/341\emptyset2)$ .
- Si c :  $f(+/3412) > f(+/341\emptyset2) = f(+/234\emptyset1) = f(+/2341)$ .
- Si a et b :  $f(+/234\emptyset1) > f(+/2341) = f(+/3412) > f(+/341\emptyset2)$ .
- Si a et c :  $f(+/234\emptyset1) > f(+/2341)$ ,  $f(+/3412) > f(+/341\emptyset2)$ ,  
 $f(+/3412) > f(+/2341)$ ,  $f(+/234\emptyset1) > f(+/341\emptyset2)$ ,  
 $f(+/2341) = f(+/341\emptyset2)$ .
- Si b et c :  $f(+/3412) > f(+/2341) = f(+/234\emptyset1) > f(+/341\emptyset2)$ .



Et enfin :

Si a, b et c :  $f(+/234\emptyset1) > f(+/2341)$ ,  $f(+/3412) > f(+/341\emptyset2)$ ,  
 $f(+/3412) > f(+/2314)$ ,  $f(+/234\emptyset1) > f(+/341\emptyset2)$ ,  
 $f(+/2341) > f(+/341\emptyset2)$ .

On vérifie aisément que les différents patterns de prédictions correspondent à une interaction E.A et que la structure de l'interaction détermine la nature exacte des phénomènes en jeu. Donc, s'il est vrai que le caractère d'espacement est pris en compte dans le calcul perceptif des transitions et que les transitions délocalisées jouent un rôle dans la perception des mots, nous avons l'hypothèse :

H1 : La fréquence des décisions lexicales positives pour les cibles lexicales répond à une interaction E.A dont la structure est conforme à un pattern prédit par une ou plusieurs des suppositions a, b et c'.

D'autre part, nous avons trouvé dans l'expérience 8 que les pré-masques anagrammes 2341 engendrent des performances inférieures à celles que donnent les pré-masques anagrammes 3412, résultat qui caractériserait ici la supposition c, c'est-à-dire l'existence d'un effet de transition inversée sur les transitions avec le caractère  $\emptyset$  gauche. Nous attendons donc :

H2 : Le pattern obtenu est prédit par la supposition c seule ou combinée à l'une des deux autres suppositions ou aux deux.

Enfin, si les masques latéraux de la cible sont en fait des masques locaux pour les caractères  $\emptyset$ , et donc pour les transitions avec  $\emptyset$ , et que les transitions dégradées peuvent être restaurées

par celles du pré-masque, nous attendons :

H3 : Le pattern obtenu est conforme à la supposition a au moins.

# RESULTATS ET DISCUSSION :

Les résultats concernant les cibles lexicales figurent dans le tableau 18.a et les résultats concernant les cibles non lexicales figurent dans le tableau 18.b .

	INSERTION D'UN ESPACEMENT		
	SANS ESPACE	AVEC ESPACE	
ANAGRAMME (ms)	712	669	690
2341 (%)	65,25	80	72,625
ANAGRAMME (ms)	695	733	714
3412 (%)	66	52,5	59,25
	703 ms 65,625 %	701 ms 66,25 %	

TABLEAU 18.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales positives pour les cibles lexicales suivant le type de pré-masque utilisé dans l'expérience 10 .

En ce qui concerne l'exactitude des réponses aux cibles lexicales, nous obtenons une interaction très significative entre le type d'anagramme et l'insertion d'un espacement à la position 4 dans le pré-masque ( $F(1;36) = 42,58 : p < .001$ ). La structure de cette

interaction est exactement prédite par la combinaison des suppositions a et b , les écarts prédits par cette combinaison (voir p. 330) ayant ici des valeurs considérables tournant autour de 14 % des réponses pour les écarts minimums prédits. Il est donc clair que nous avons un important effet de restauration exacte ou fausse des transitions avec le caractère d'espacement qui sont masquées dans la cible, et nous sommes donc conduits à retenir nos hypothèses H1 et H3. En revanche, la supposition c ne semble pas utile à l'interprétation des résultats, et l'on peut constater en particulier que l'écart entre les pré-masques anagrammes 2341 et 3412 sans espacement est insignifiant (0,75 % des réponses), ce qui nous conduit à considérer notre hypothèse H2 comme non vérifiée et donc à ne pas retenir ici l'idée d'un effet des transitions inversées avec le caractère d'espacement. La structure des temps de réponse confirme ces conclusions avec une interaction E.A très significative ( $F(1;36) = 14,06 : p < .001$ ).

Nous nous trouvons donc devant le problème suivant : comment se fait-il que l'écart observé dans l'expérience 8 entre les pré-masques anagrammes 2341 et 3412 ait pratiquement disparu ici ? Nous pouvons naturellement toujours suspecter le niveau d'entraînement des sujets d'y être pour quelque chose, cependant nous avons trouvé dans l'expérience 7, qui est chronologiquement postérieure à celle-ci, un effet des transitions inversées non négligeable, de sorte que si un tel effet avait dû exister dans la présente expérience, nous en aurions probablement trouvé une trace plus visible que celle que nous trouvons en fait.



Il nous semble donc utile de rechercher une autre différence déterminante entre l'expérience 8 et la présente expérience. Cette différence, c'est bien sûr ici la présence de masques latéraux de la cible qui induit une importante chute des performances par rapport à l'expérience 8. Ces masques latéraux ont pour effet de supprimer les transitions de lettres avec l'espacement dans la cible, de sorte que s'il s'agit bien là du facteur déterminant recherché, nous sommes conduits à supposer que l'effet de transition inversée ne se manifeste que lorsque les deux transitions inverses sont effectivement présentées, c'est à-dire<sup>ve</sup> le phénomène résulterait d'une interaction perceptive directe entre les deux transitions et donc peut-être du processus de calcul des transitions lui-même. Dans ces conditions, l'absence d'écart significatif entre l'effet de l'anagramme 2341 et celui de l'anagramme 3412 dans la présente expérience tend en fait à accréditer l'idée que l'écart observé dans l'expérience 8 est bien dû à un effet de transition inversée avec l'espacement, sans quoi on ne voit pas pourquoi le masquage de l'espacement latéral dans la cible modifierait l'écart des deux anagrammes.

En ce qui concerne les cibles non lexicales (Tab. 18.b), le seul effet significatif réside dans la plus grande fréquence de réponses exactes obtenue avec les anagrammes 3412 par rapport aux anagrammes 2341 avec ou sans espacement à la position 4 ( $F(1;36) = 15,9 : p < .001$ ), mais on observe aussi une interaction tendancielle "en miroir" de celle qui est obtenue avec les cibles lexicales ( $F(1;36) = 3,53 : p < .07$ ). Il est à remarquer

que nous avons obtenu dans l'expérience 8 avec les cibles non lexicales un effet du type d'anagramme exactement inverse de celui que nous obtenons ici, c'est-à-dire que les réponses "non-mot" étaient plus fréquentes avec un pré-masque anagramme 2341 qu'avec une anagramme 3412 ( $F(1;108) = 4,18 : p < .05$ ).

		INSERTION D'UN ESPACEMENT		
		SANS ESPACE	AVEC ESPACE	
ANAGRAMME	(ms)	741	747	744
2341	(%)	75,5	72,5	74
ANAGRAMME	(ms)	728	728	728
3412	(%)	79	83,25	81,125
		735 ms 77,25 %	737 ms 77,875 %	

TABLEAU 18.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales suivant le type de pré-masque utilisé dans l'expérience 10.

En tenant le même raisonnement que pour les cibles lexicales, on peut en déduire que l'effet des transitions inversées lorsqu'il peut se manifester tend à favoriser les réponses "non-mot" ainsi qu'on peut le voir dans l'expérience 8 mais aussi dans l'expérience 6 où l'anagramme 2143 engendre plus de décisions négatives exactes que l'anagramme 3412 ( $F(1;108) = 4,58 : p < .05$  pour la séance 1). Ces effets sont toujours "en miroir" de ceux

qu'on obtient sur des cibles lexicales, une telle inversion des effets entre les deux types de cibles étant plus généralement obtenue pratiquement chaque fois que nous étudions un important facteur de dégradation de l'information perceptive (voir aussi exp. 3, 4 et 9). Nous avons tout d'abord supposé que la dégradation du signal avait pour effet de diminuer la probabilité d'émission d'hypothèses lexicales erronées à partir de pseudo-mots ressemblant à des mots, ce qui est relativement vraisemblable pour certains cas de dégradations. Cependant, l'existence d'effets en miroir sur les deux types de cibles pour des facteurs impliquant un rôle des digrammes, ou plus généralement des transitions, nous incite à penser, compte tenu des résultats de l'expérience 9, que le sujet pourrait simplement avoir tendance à répondre "non-mot" lorsque la représentation perceptive abstraite du stimulus présente quelque distorsion ou anomalie déterminante résultant par exemple de l'effet d'inversion des transitions entre le pré-masque et la cible. En somme, le sujet pourrait conjecturer que moins bien il "voit" le stimulus, moins il y a de chances pour que ce soit un mot, indépendamment du processus de reconnaissance des mots lui-même. Dans ces conditions, on pourrait supposer que les réponses "non-mot" résultent de trois sortes de situations :

- le sujet a une représentation perceptive trop distordue ou trop lacunaire du stimulus et n'évalue pas d'hypothèse lexicale ,
- le sujet ne dispose pas d'une hypothèse lexicale ,
- le sujet émet des hypothèses lexicales dont une procédure de contrôle révèle la fausseté (ce qui suppose une assez bonne représentation perceptive du stimulus).



Le troisième cas pourrait correspondre à ce que nous avons observé dans l'expérience 9 en ce qui concerne l'effet positif de "l'amorçage perceptif" des digrammes sur le rejet des cibles non lexicales.

Il est bien encore un scénario que l'on pourrait imaginer en ce qui concerne spécifiquement l'effet des transitions inversées sur les cibles lexicales et non lexicales. Supposons que le mécanisme générateur de cet effet soit tel que la seconde des deux transitions inverses qui est présentée est masquée par la première, mais que la première, loin d'être masquée par la seconde, se trouve au contraire "renforcée" d'une certaine façon par la saisie de son inverse (nous détaillerons cette hypothèse ultérieurement). Dans ce cas, la représentation perceptive distordue du stimulus qui sert de référence au processus de contrôle des hypothèses lexicales ne contient que les transitions inversées du pré-masque, mais celles-ci sont très nettement perçues, de sorte que les hypothèses lexicales, qu'elles soient exactes ou fausses, seront très probablement rejetées si elles sont contrôlées par rapport à cette référence perceptive. En somme, on pourrait dire dans ce cas que c'est une fausse évidence perceptive qui induit la réponse "non-mot".

Dans la présente expérience, où les effets de transitions inversées sont semble-t-il éliminés par la présence des masques latéraux de la cible, nous obtenons avec les cibles non lexicales des résultats inverses de ceux de l'expérience 8, ce qui laisse supposer que l'anagramme 2341 se différencie de l'anagramme 3412 par quelque autre propriété pertinente que l'inversion d'une transition, propriété qui agit en sens inverse de cette inversion.

## CONCLUSIONS :

Nous avons établi que l'espacement peut être considéré comme un caractère orthographique particulier que la perception prend en compte dans le calcul des transitions de la chaîne de caractères stimulus. Les transitions avec l'espacement peuvent être restaurées, lorsqu'elles sont masquées dans la cible, par des transitions homologues différemment positionnées dans le pré-masque, ce qui indique le caractère délocalisé des unités perceptives correspondantes. Des recoupements avec l'expérience 8 suggèrent que les transitions de lettres avec le caractère d'espacement répondent à l'effet des transitions inversées comme les digrammes ordinaires, et il semblerait, en outre, que cet effet ne se manifeste que lorsque les deux transitions inverses sont effectivement saisies dans les stimulus, ce qui laisse supposer que le phénomène résulte d'une interaction perceptive assez directe entre les éléments saisis.

Enfin, on peut remarquer que les effets liés à la restauration perceptive des transitions avec l'espacement sont très importants en ce qui concerne les cibles lexicales, mais ils sont minimes, et en fait non significatifs, en ce qui concerne les cibles non lexicales. Nous ignorons les raisons exactes de cette différence, mais il est clair qu'au moins l'une des deux transitions avec le caractère d'espacement joue un rôle capital dans le processus d'identification d'un mot.

11.11 Expérience 11 (Chr.10): Rôles des transitions limites gauche et droite.

PROBLEME :

Nous avons vu à l'issue de l'expérience 10 que l'écart observé dans l'expérience 8 entre l'effet des pré-masques anagrammes 2341 et celui des pré-masques 3412 pourrait sans doute admettre une interprétation en termes d'inversion de la transition  $\emptyset 1$  de la cible dans l'anagramme 2341 (qui peut s'écrire  $\emptyset 2341\emptyset$ ). Mais nous avons également dans l'expérience 8 l'anagramme 4123 (qui peut s'écrire  $\emptyset 4123\emptyset$ ), anagramme qui inverse la transition  $4\emptyset$  de la cible et qui cependant n'engendre pas des performances significativement inférieures à celles que donne l'anagramme 3412, de sorte que nous avons dû supposer que l'inversion de la transition  $\emptyset 1$  aurait un effet négatif particulier que n'aurait pas l'inversion de la transition  $4\emptyset$ . Ceci serait compréhensible si la transition limite gauche  $\emptyset 1$  de la cible joue un rôle important dans le processus d'identification du mot, mais que la transition limite droite  $4\emptyset$  (pour un mot de quatre lettres) n'a qu'un rôle négligeable dans ce processus.

Nous nous proposons ici de vérifier cette supposition par une étude des phénomènes de restauration perceptive portant sur les transitions avec l'espacement latéral à gauche et à droite, c'est-à-dire les transitions limites  $\emptyset 1$  et  $4\emptyset$ .



#### MATERIEL ET PROCEDURE :

Nous utilisons la technique de pré-masquage avec les mêmes mots et pseudo-mots cibles que dans l'expérience 8. La cible peut être affichée avec une étoile à gauche (position 0) ou avec une étoile à droite (position 5), suivant les cas, ce qui a pour effet de masquer l'espacement latéral et donc la transition limite du côté correspondant. Les sujets sont prévenus de cette manipulation et sont priés de ne pas tenir compte des étoiles latérales dans leurs décisions. Les pré-masques sont constitués d'un seul digramme (i.e deux lettres adjacentes) flanqué d'un espacement libre de chaque côté, le digramme étant toujours affiché aux positions 2 et 3, c'est-à-dire les mêmes positions que les deux lettres médianes de la cible. Le digramme du pré-masque peut être le digramme gauche (12) de la cible ou le digramme droit (34), c'est-à-dire, remarquons le, l'une ou l'autre des deux moitiés de l'anagramme 3412 de la cible. Nous avons vu dans l'expérience 9 que ces digrammes n'ont pas par eux-mêmes d'incidence sur la perception du mot cible (qu'il soit ou non masqué à gauche) lorsqu'ils sont contenus dans le pré-masque anagramme 3412. Ce ne sont donc pas ces digrammes qui nous intéressent, leur utilisation en tant que digrammes étant simplement nécessaire pour appliquer de façon constante un masque alphabétique aux positions 2 et 3. Cependant les digrammes sont ici flanqués d'espacements latéraux, de sorte que les pré-masques sont en fait de la forme  $\emptyset 12 \emptyset$  et  $\emptyset 34 \emptyset$ , c'est-à-dire que chacun d'eux contient une transition limite exacte pour un côté et une transition limite fausse pour l'autre côté, les côtés

exact et faux étant inversés suivant le digramme utilisé. Le pré-masque  $\emptyset 12\emptyset$  peut restaurer exactement la transition  $\emptyset 1$  de la cible et faussement la transition  $4\emptyset$ , tandis que le pré-masque  $\emptyset 34\emptyset$  peut restaurer exactement la transition  $4\emptyset$  de la cible et faussement la transition  $\emptyset 1$ .

Le croisement du côté du masque latéral de la cible avec le type de pré-masque définit quatre traitements expérimentaux. Nous avons quatre listes de 10 mots cibles et quatre listes de 10 pseudo-mots cibles et les listes sont croisées en carré latin avec les traitements expérimentaux, ce qui entraîne la formation de quatre groupes de sujets (voir matériel en ANNEXE). Il y a toujours 40 items supplémentaires pour la mise en condition des sujets.

#### FACTEURS ET PLAN :

Outre les facteurs aléatoires Items ( $I_{40}$ ) et Sujets ( $S_{40}$ ), et le facteur Groupe ( $G_4$ ), nous avons deux facteurs expérimentaux croisés :

$M_2$  = Côté du masque latéral de la cible  
= { Masque à gauche , Masque à droite }

$A_2$  = Type de pré-masque  
= {  $\emptyset 12\emptyset$  ,  $\emptyset 34\emptyset$  }

NB : En ANNEXE, le facteur A est défini de façon équivalente par :  
"Partie amorcée" = { Initiale , Finale } , mais nous préférons ici la définition plus précise donnée ci-dessus .

Les données concernant les cibles lexicales et non lexicales sont analysées séparément et nous avons le plan :

$$I_{10} \langle M_2 \times A_2 \rangle \times S_{10} \langle G_4 \rangle$$

HYPOTHESES :

Nous attendons des phénomènes de restauration de la transition limite masquée dans le cible entraînant une interaction entre les deux facteurs principaux M et A telle que :

H1 : L'identification des cibles lexicales est plus fréquente avec un pré-masque  $\emptyset 12 \emptyset$  plutôt qu'un pré-masque  $\emptyset 34 \emptyset$  lorsque le masque latéral de la cible est à gauche, mais elle est plus fréquente avec un pré-masque  $\emptyset 34 \emptyset$  plutôt qu'un pré-masque  $\emptyset 12 \emptyset$  lorsque le masque latéral de la cible est à droite ( donc : M.A )

D'autre part, si la transition limite gauche joue un rôle plus important que la transition limite droite dans le processus d'identification du mot cible, nous attendons :

H2 : Le masquage latéral gauche de la cible entraîne des performances d'identification inférieures à celles que donne le masquage latéral droit ( donc : effet principal de M ).

H3 : L'effet de restauration perceptive de la transition limite gauche est plus important que l'effet de la restauration perceptive de la transition limite droite ( ce qui entraîne un effet principal de A tel que :  $f(+/\emptyset 12 \emptyset) > f(+/\emptyset 34 \emptyset)$  ).



RESULTATS :

Les résultats concernant les cibles lexicales figurent dans le tableau 19.a et les résultats concernant les cibles non lexicales figurent dans le tableau 19.b .

	MASQUE LATERAL		
	A GAUCHE	A DROITE	
PRE-MASQUE (ms) Ø12Ø (%)	598 81,5	605 81,5	601 81,5
PRE-MASQUE (ms) Ø34Ø (%)	638 65	610 80,5	624 72,75
	618 ms 73,25 %	607 ms 81 %	

TABLEAU 19.a : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales positives pour les cibles lexicales suivant le côté du masque latéral de la cible et suivant le côté de la transition limite que peut restaurer le pré-masque.

En ce qui concerne l'exactitude des réponses aux cibles lexicales, la structure des résultats est dans l'ensemble conforme à nos attentes, à ceci près que nous n'obtenons pas l'écart attendu entre le pré-masque Ø34Ø et le pré-masque Ø12Ø lorsque le masque latéral est à droite de la cible, écart qui est ici insignifiant et de sens contraire aux prévisions (1 % des réponses). Ceci pourrait simplement signifier que la transitions limite droite (4Ø) ne joue aucun rôle détectable dans le processus d'identification du mot cible, ce qui ne remet pas en cause nos hypothèses

de façon fondamentale. En fait, nous obtenons une interaction significative entre le côté du masque latéral de la cible et le type de pré-masque ( $F(1;36) = 12,53 : p < .002$ ), interaction qui est telle que l'effet de restauration perceptive de la transition limite gauche ( $\emptyset l$ ) est très important, alors que l'on n'observe pas d'effet de la restauration de la transition limite droite ( $4\emptyset$ ). D'autre part, l'effet principal du côté du masque latéral de la cible est significatif et dans le sens attendu par H2 ( $F(1;36) = 11,39 : p < .002$ ), et nous avons également un effet significatif du type de pré-masque dans le sens prévu par notre hypothèse H3 ( $F(1;36) = 12,11 : p < .002$ ). En fait, pour prédire correctement ces résultats, il nous aurait fallu supposer non seulement que la transition limite gauche joue un rôle plus important que la transition limite droite dans le processus d'identification du mot cible, mais encore que la transition limite droite ne joue qu'un rôle négligeable ou pas de rôle du tout, ce qui rend compte de la structure finalement observée pour l'interaction M.A.

En ce qui concerne les temps de réponse aux cibles lexicales, le seul effet significatif observé est celui du type de pré-masque ( $F(1;36) = 4,87 : p < .04$ ), et l'interaction M.A n'est pas significative ( $F(1;36) = 2,32 : p < .14$ ) mais sa structure tendrait à confirmer les résultats trouvés sur l'exactitude des réponses.

En ce qui concerne les cibles non lexicales, la description des résultats est extrêmement simple puisqu'aucun des facteurs manipulés ne produit d'effet significatif sur l'une ou l'autre des deux variables dépendantes.

	MASQUE LATERAL		
	A GAUCHE	A DROITE	
PRE-MASQUE (ms) Ø12Ø (%)	673 78	677 74,25	675 76,125
PRE-MASQUE (ms) Ø34Ø (%)	658 76,5	670 75,5	664 76
	666 ms 77,25 %	674 ms 74,875 %	

TABLEAU 19.b : Temps de réponse moyens (ms) et pourcentages de décisions lexicales négatives pour les cibles non lexicales dans l'expérience 11'.

#### DISCUSSION :

Il apparaît donc que la transition limite gauche (Ø1) joue un rôle très important dans le processus d'identification d'un mot cible, mais il semble en revanche que la transition limite droite (4Ø) n'ait qu'un rôle négligeable ou pas de rôle du tout. Ce résultat est conforme à notre interprétation des résultats de l'expérience 8 en termes d'effet de l'inversion des transitions limites, et nous pouvons alors comprendre pourquoi l'inversion de la transition Ø1 de la cible dans le pré-masque entraîne une dégradation particulière des performances que n'entraîne pas l'inversion de la transition 4Ø'.

Il est à remarquer que l'asymétrie des rôles des deux transitions limites ne s'observe que lorsque la cible est un mot de la langue (appelant une décision positive), et non un pseudo-mot.



Cette dernière constatation est également cohérente avec les résultats de l'expérience 8 où l'on peut effectivement remarquer que le pré-masque anagramme 2341 (ou  $\emptyset 2341\emptyset$ ) n'engendre des performances significativement différentes de celles que donne l'anagramme 4123 (ou  $\emptyset 4123\emptyset$ ) que lorsque la cible est lexicale.

Nous obtenons donc encore ici une forme d'effet sériel qui n'est détectable qu'avec des stimulus lexicaux. Il est difficile de tirer des conclusions de l'absence d'un tel effet en ce qui concerne les cibles non lexicales car la réponse "non-mot" pourrait dépendre de déterminants multiples à effets contradictoires, ainsi que nous l'avons suggéré plus haut. Dans le cas présent, on peut par exemple imaginer que la restauration perceptive d'une transition limite favorise la construction d'une représentation perceptive correcte du stimulus, ce qui permettrait un contrôle efficace des hypothèses lexicales erronées et donc leur rejet. Mais d'un autre côté, nous pouvons constater que pour qu'un mot soit reconnu, il importe que la transition limite  $\emptyset 1$  soit disponible, de sorte que le masquage sans restauration de cette transition favorise également l'émission d'une réponse "non-mot". En somme, on pourrait dire dans le premier cas que le sujet répond "non-mot" parcequ'il a "invalidé" toute hypothèse lexicale éventuelle par la détection d'incompatibilités avec le stimulus, alors que dans le second cas le sujet "ne parvient pas à valider" une hypothèse lexicale éventuelle parce qu'il manque un élément essentiel à cette validation dans la représentation du stimulus (la transition  $\emptyset 1$ ), ce qui tendrait également à entraîner une réponse "non-mot". Les deux phénomènes conjugués tendront toujours à engendrer une réponse "non-mot", quelles que soient les condi-

tions de stimulation dans la présente expérience, lorsque la cible est un pseudo-mot. Cependant, lorsque la cible est effectivement un mot, il n'y a pas d'incompatibilité à détecter entre une représentation perceptive correcte du stimulus et l'hypothèse lexicale appropriée, de sorte que seul le second cas de figure peut se produire lorsque la transition Øl est masquée et non restaurée par le pré-masque, d'où l'effet de restauration de la transition Øl observé avec les cibles lexicales.

Il nous resterait bien sûr à comprendre pourquoi la transition limite gauche semble jouer un rôle si important dans la perception des mots, alors que la transition limite droite serait un élément d'importance négligeable. On pourrait invoquer différentes sortes d'explications comme par exemple le fait que la transition limite droite est en français un élément modifiable par l'ajout de toutes sortes de suffixes (dérivations, forme plurielle etc.), de sorte que si les unités lexicales sont du type "morphème", la transition limite droite est en fait un élément instable et peu pertinent pour caractériser un item. D'autres interprétations font plus particulièrement appel à l'idée d'un processus de traitement séquentiel orienté de gauche à droite ou d'un quelconque mécanisme pondérant différemment les unités perceptives suivant leur rang séquentiel. Si nous nous en tenons à l'idée suivant laquelle le calcul des transitions permet la construction d'une représentation perceptive du stimulus servant de référence à un processus de contrôle d'hypothèses lexicales (cf. Exp. 9), nous pouvons progresser dans notre interprétation des effets sériels en supposant que le contrôle des hypothèses lexicales procède

par un examen séquentiel des transitions de gauche à droite jusqu'à ce qu'un certain critère de validation d'une hypothèse lexicale soit atteint ou qu'une incompatibilité irréductible de l'hypothèse avec la représentation du signal soit détectée. Dans ces conditions, on peut supposer que lorsque le stimulus est un mot, le critère de validation de l'hypothèse lexicale correspondante est normalement atteint avant l'examen de la transition limite droite (4Ø), mais non avant l'examen de la première transition (Ø1), de sorte que la transition Ø1 est pratiquement indispensable pour que le mot soit reconnu alors que la transition 4Ø est pratiquement inutile, d'où les résultats que nous avons obtenus dans cette expérience.

Si cette idée est correcte, alors nous tenons aussi une interprétation semble-t-il tout-à-fait convenable pour certains des résultats de l'expérience 1 qui étaient restés relativement énigmatiques. Nous nous demandions en effet (p. 235) pourquoi le retard de réponse au cinquième essai des séries de mots augmentait linéairement en fonction du rang de la lettre différenciant les deux mots paragrammes de la série. Ceci pourrait simplement résulter de ce que les deux unités lexicales paragrammes se trouvent toutes deux particulièrement "disponibles" dans la perception (ou le lexique) en raison de la présentation récente des deux éventualités (effet d'auto-facilitation), et que la présentation de l'une des deux éventualités au cinquième essai d'une série provoque l'émission des deux hypothèses lexicales en première analyse, ces deux hypothèses concurrentes devant alors être départagées par la procédure de contrôle.



La procédure de contrôle examinant les transitions (ou digrammes) en séquence de gauche à droite, les deux hypothèses lexicales concurrentes sont départagées d'autant plus rapidement que l'élément les différenciant est plus à gauche dans le stimulus. Si nous supposons que les deux hypothèses lexicales sont testées simultanément, notre estimation de la cadence d'examen des transitions par la régression linéaire (voir p. 234) nous donne environ 8,5 ms par transition, ce qui tombe dans la plage des 8 à 12 ms par caractère trouvée par Sperling et al. (1971) pour la cadence d'exploration d'une suite de caractères et nous incite donc à considérer notre estimation comme "assez probablement réaliste". En revanche, si nous supposons que les deux hypothèses lexicales sont testées l'une après l'autre, le retard de réponse au cinquième essai des séries de mots nous conduit en moyenne à sous-estimer le temps nécessaire à l'examen d'une transition, sauf dans le cas particulier où la mauvaise hypothèse lexicale serait toujours testée la première. Si  $t(T)$  est le temps nécessaire à l'examen d'une transition et  $p(F)$  la probabilité pour que la mauvaise hypothèse lexicale soit testée la première, nous pouvons estimer que  $t(T)p(F) = 8,5$  et donc que  $t(T) = 8,5 / p(F)$  millisecondes. Donc, dans tous les cas, nous pouvons estimer qu'en moyenne :  $t(T) \geq 8,5$  ms .

Nous voyons donc que l'interprétation proposée ici en ce qui concerne certains effets sériels peut être utile aussi bien pour l'expérience 11 que pour l'expérience 1, ce qui ne signifie en aucune façon que tous les effets sériels sont imputables à une procédure de contrôle d'hypothèses lexicales, et les résultats de l'expérience 2 sont tout-à-fait clairs à cet égard.

## 12. ETAT DES CONCLUSIONS ET DEVELOPPEMENTS THEORIQUES

### 12.1 Discussion générale et principales conclusions :

#### 12.1.1 Caractère analytique de la perception des mots :

Constatons que pratiquement aucun de nos résultats n'admet d'interprétation hors d'une conception analytique du traitement perceptif des mots. Nous pouvons donc dire que l'identification lexicale d'un mot est médiatisée par l'extraction des unités orthographiques composant le stimulus. Nous retrouvons ici des conclusions analogues à celles de McClelland (1976) et de Johnston et McClelland (1980). Toutefois, le modèle explicatif proposé par Johnston et McClelland (ibid.) semble très insuffisant en ce qu'il est impropre à engendrer des phénomènes de masquage proactif, sur lesquels nous basons nos propres conclusions, et il est également totalement incompatible avec les phénomènes liés à une perception délocalisée des lettres d'un mot que nous avons pu dégager. Notons d'ailleurs qu'aucun des modèles analytiques récemment proposés n'est en mesure de rendre compte des phénomènes de délocalisation des lettres, qu'il s'agisse du modèle de McClelland et Rumelhart (1981) ou du modèle de Paap et al. (1982) (voir § 9.5 et 9.6). Cette inadaptation des modèles est liée au caractère positionné des unités de codage alphabétiques qu'ils utilisent ("spatially specific letter units"). Nous sommes donc conduits à accepter l'idée suivant laquelle les mots sont analysés au moins en leurs composants de niveau alpha-

bétique, ce qui exclut les modèles non analytiques en général, mais nous sommes également conduits à rejeter les modèles analytiques actuellement proposés dans la littérature en raison de leur mode de codage spatial des unités alphabétiques.

#### 12.1.2 Des unités de codage délocalisées :

Conformément aux présomptions que nous avaient suggérées les phénomènes observés par Logan (1975) et par Egeth et Santee (1981) dans la perception des lettres, nous parvenons à la conclusion que la perception code les unités alphabétiques sous une forme non positionnée et les lettres d'un mot n'échappent pas à cette règle. Cette conclusion se dégage premièrement d'une variante de l'effet d'infériorité des lettres répétées que nous avons pu observer dans les expériences 3 et 4, ce qui montre que différentes occurrences d'une même lettre occupant des positions distinctes ne sont pas traitées indépendamment les unes des autres comme s'il s'agissait de lettres tout-à-fait distinctes. La même conclusion se dégage de l'effet général des pré-masques anagrammes de la cible qui montre tout-à-fait clairement que les lettres d'un mot cible répondent aux effets d'une perception délocalisée (cf. exp. 6, 7 et 8). Enfin, les phénomènes de substitution délocalisée de lettres que nous avons observés dans l'expérience 5 conduisent également à la même conclusion. Nous avons aussi trouvé à l'issue des expériences 10 et 11 que l'espacement peut être considéré par la perception comme un caractère orthographique particulier également codé sous une forme non positionnée. Ce caractère remplit probablement



la fonction de "délimiteur de la chaîne de caractères" dans une représentation perceptive du stimulus.

D'autre part, l'effet des transitions inversées dégagé dans les expériences 6 et 7, ainsi que l'effet de restauration des transitions limites (incluant le caractère d'espacement) dégagé dans les expériences 10 et 11, effets auxquels on peut rajouter un effet de transition limite inversée probablement observé dans l'expérience 8, ainsi qu'un effet d'amorçage perceptif des digrammes observé dans l'expérience 9 sur les cibles non lexicales, bref, tous les phénomènes observés qui mettent en jeu cette unité particulière qu'est le digramme, ou plus généralement la "transition" de deux unités orthographiques élémentaires, nous indiquent non seulement que la perception utilise d'une manière ou d'une autre cette unité, mais encore que la transition (ou digramme) est une unité que la perception code sous une forme non positionnée.

En somme, on peut dire que les unités orthographiques sont définies dans le système perceptif par leur identité et/ou leur composition, mais non par leur position visuelle ou sérielle.

Tout semble donc se passer comme si ces unités étaient en fait des sortes de "concepts" (c'est-à-dire des classes abstraites d'événements) ayant bien peu à voir avec une représentation de type "photographique" de la scène visuelle.

Il s'ensuit que, si nous sommes en mesure d'expliquer de manière satisfaisante les phénomènes locaux par ailleurs observés dans certaines expériences, nous sommes fondés à supposer que différentes occurrences d'une même unité orthographique pourraient être prises en charge par une seule et même unité de mémoire

spécialisée dans le système perceptif, abstraction faite de la position des éléments encodés.

### 12.1.3 Les phénomènes locaux :

Nous avons établi dans l'expérience 5 que les phénomènes de substitution de lettres entre deux stimulus présentés en succession rapide admettent une forte composante locale. Cette composante locale des effets de masquage alphabétique serait également de nature à expliquer, pour tout ou partie, l'effet du nombre d'occurrences d'une même lettre dans un pré-masque que nous avons observé dans l'expérience 4, ainsi que l'effet général de masque alphabétique que nous avons observé en particulier dans l'expérience 6 même lorsque le pré-masque est une anagramme de la cible sans transitions inversées. Il nous faut donc supposer qu'à un certain stade du processus de traitement du signal, les éléments composant le stimulus admettent une représentation locale '. Constatons qu'une représentation localisée est beaucoup moins abstraite que les représentations délocalisées dont nous avons parlé plus haut, ce qui pourrait suggérer que les représentations locales relèvent d'un niveau d'encodage de l'information plus proche du système sensoriel visuel, ou tout simplement de ce système lui-même. Comment comprendre alors que nous observions des phénomènes de masquage alphabétique locaux qui ne sont pas réductibles à de simples phénomènes de masquage visuel ? Il faut en premier lieu considérer que les unités alphabétiques abstraites sont de toute façon extraites d'une représentation visuelle du signal stimulus (icône).

Nous savons que la mémoire sensorielle visuelle peut maintenir l'image d'un signal à disposition des processus de traitement perceptif durant quelques instants (cf. § 4.1), de sorte que si deux images se succèdent très rapidement, il n'est pas impossible que l'on obtienne dans certains cas une image composite résultant de la superposition des deux images, ou encore d'un mélange de fragments des deux images dont la répartition serait fonction des rapports de force locaux entre les processus de masquage proactif et rétroactif (cf. § 4.2). Il est de fait assez fréquent que, dans les expériences où nous utilisons la technique de pré-masquage, des sujets déclarent spontanément avoir vu des lettres superposées sans savoir lesquelles appartenaient à la cible. Ces réflexions nous suggèrent une solution possible qui est la suivante : lorsqu'une image iconique composite contient localement deux caractères alphabétiques superposés (ex. : l'image E contient le caractère C et le caractère X), les processus perceptifs d'extraction des unités alphabétiques opérant sur cette image vont rencontrer localement une ambiguïté telle que deux lettres différentes sont admissibles à cet endroit, de sorte que si l'une des deux éventualités alphabétiques est choisie, il y a une chance sur deux pour que ce soit la bonne (i.e. celle qui appartient à la cible) et une chance sur deux pour que ce soit la mauvaise (i.e. celle qui appartient au pré-masque). En revanche, lorsqu'une image iconique composite ne contient qu'un seul caractère alphabétique superposé à un caractère non alphabétique (ex. : l'image § contient le caractère alphabétique O et le caractère non alphabétique %), alors une



seule lettre peut être extraite de l'image et attribuée à juste titre à la cible (qui est toujours composée de lettres)'.  
Si cette interprétation est à peu près correcte, on peut dire

que les confusions locales de lettres du masque et de la cible résultent d'un mélange des signaux visuels correspondants en mémoire iconique. On peut ajouter que ce ne sont pas les unités alphabétiques comme telles qui sont localisées, mais les formes visuelles à partir desquelles elles sont extraites par les processus d'analyse du signal.

#### 12.1.4 La fonction des transitions :

En ce qui concerne le rôle des transitions dans la perception des mots, nous avons obtenu des résultats qui peuvent paraître de prime abord assez contradictoires. Nous avons en effet trouvé dans l'expérience 9 que la présence de digrammes de la cible dans le pré-masque n'a pas d'effet particulier sur la perception des cibles lexicales alors qu'elle aurait un léger effet positif sur le rejet des cibles non lexicales. Cependant, nous avons trouvé dans les expériences 6 et 7 un effet négatif de l'inversion de digrammes de la cible dans le pré-masque, effet qui se manifeste sur des cibles lexicales et laisse donc supposer qu'il existe dans la perception une relation antagoniste particulière entre une transition et son inverse, et en outre que les transitions jouent un certain rôle dans la perception des mots. De plus les résultats des expériences 8, 10 et 11 nous indiquent que la transition limite gauche (espacement gauche +

première lettre) joue un rôle très important dans la perception des mots alors que la transition limite droite (dernière lettre + espacement droit) ne semble pas avoir un rôle déterminant.

Nous sommes donc devant une situation telle que l'on ne peut pas dire que les transitions activent les unités lexicales, mais on peut dire que certaines transitions (les plus à gauche dans la cible lexicale) sont nécessaires à la reconnaissance du mot.

L'interprétation la plus simple et la plus cohérente qui semble se dégager est finalement que les transitions sont utilisées dans la construction d'une représentation perceptive abstraite, mais aussi fidèle que possible, du stimulus, représentation qui sert en particulier de référence à un processus de contrôle d'hypothèses lexicales émises sur la base d'informations différentes et/ou moins élaborées. On peut en outre ajouter que les transitions les plus à gauche jouent vraisemblablement un rôle prépondérant dans ce processus. Dans ces conditions, on peut admettre que l'absence d'une transition importante dans la représentation perceptive du stimulus (soit en raison d'un masquage par la transition inverse, soit parce que la transition est tout simplement inexistante dans l'ensemble de la stimulation) entraîne un défaut de validation des hypothèses lexicales. En revanche, il semble que la saisie d'une transition dans la cible suffise à assurer l'encodage de cette transition, et l'on peut remarquer que l'effet "d'amorçage perceptif" des digrammes observé sur les cibles non lexicales dans l'expérience 9 est effectivement très faible (2,88 % des réponses).

#### 12.1.5 L'antagonisme perceptif des transitions inverses :

Nous avons abouti, à l'issue des expériences 6 et 7 ainsi que de l'expérience 8 complétée par les suivantes, à la conclusion qu'une transition peut être fortement masquée dans la perception lorsque sa présentation est précédée de peu de la présentation de son inverse, abstraction pouvant semble-t-il être faite de la position visuelle des formes correspondantes.

On peut déduire de cet antagonisme particulier d'une part qu'il existe une relation de similitude perceptive particulière entre une transition et son inverse, et d'autre part, sachant que deux transitions exactement semblables ne présentent pas un tel antagonisme (cf. exp. 9, surtout ), nous pouvons dire que la perception distingue une transition de son inverse par un procédé qui tend à exclure cette inverse de la représentation perceptive du signal.

La première question que nous devons alors nous poser est de savoir quelle sorte de similitude existe entre deux transitions inverses l'une de l'autre. On pourrait songer à une similitude de nature visuelle, ce qui nous conduirait à supposer que les transitions sont directement extraites de la représentation visuelle du signal (icone). Cependant, en quoi peut-on dire que la forme " ON " est visuellement plus semblable à la forme " NO " qu'elle ne l'est à la forme " CN " ? Ceci n'a rien d'évident , et en fait, si nous mesurons la similitude visuelle par exemple par le pourcentage de recouvrement des formes, nous trouverions une forte similitude entre " ON " et " CN " alors que la similitude entre " ON " et " NO " serait relativement minime.



L'hypothèse de similitude visuelle des digrammes inverses ne semble donc pas des plus satisfaisantes. En revanche, si nous considérons la composition alphabétique de deux transitions inverses et si nous nous souvenons que les unités alphabétiques sont encodées par la perception sous une forme non positionnée (cf. 12.1.2), nous constatons que deux transitions inverses l'une de l'autre ont exactement la même composition alphabétique. S'il s'agit bien là du facteur déterminant recherché, alors nous pouvons supposer que les transitions sont calculées par la perception à partir des unités alphabétiques délocalisées. Autrement dit, le calcul des transitions serait analogue à un processus de concaténation deux à deux des unités alphabétiques préalablement extraites du signal.

Toutefois, il convient sans doute de considérer différemment ces digrammes particuliers que sont les "patterns d'épellation", ou "unités fonctionnelles d'épellation", qui sont impliqués plus particulièrement dans les processus de recodage phonétique du signal et dont les résultats obtenus par Pring (1981) laissent supposer qu'ils possèdent une définition visuelle propre dans le système perceptif (voir § 5.3). Mais tous les digrammes ne sont pas des patterns d'épellation, beaucoup s'en faut, et il n'est du reste pas à exclure a priori que les patterns d'épellation eux-mêmes soient traités comme des digrammes ordinaires dans les voies de codage spécifiquement orthographiques.

Il reste que si les transitions sont normalement calculées à partir d'unités alphabétiques délocalisées, il faut impérativement supposer que la perception dispose d'un moyen de repérer

l'ordre des lettres du stimulus, sans quoi non seulement une transition ne pourrait pas être distinguée de son inverse, mais encore les concaténations pertinentes de deux lettres du stimulus ne pourraient pas être distinguées de celles qui ne sont pas pertinentes, de sorte que deux anagrammes seraient finalement totalement indiscernables et que le calcul des digrammes n'aurait pas de sens. Le problème est facilement résolu si l'on suppose que les unités alphabétiques sont extraites de la représentation visuelle du signal en séquence et dans un ordre systématique directement fonction de l'ordre spatial des caractères, l'idée la plus simple étant celle d'une analyse "balayant" l'image du stimulus de gauche à droite. Dans ces conditions, l'ordre spatial est converti en un ordre temporel et l'information sur l'ordre des lettres est préservée sur l'axe du temps bien que les unités alphabétiques elles-mêmes ne soient pas des unités positionnées. De fait, nous avons trouvé certains "effets sériels" qui pourraient admettre une interprétation en termes d'extraction séquentielle de gauche à droite des unités alphabétiques. C'est le cas par exemple pour la variation du retard de réponse en fonction du rang de la lettre différenciant les paragrammes au quatrième essai des séries de mots dans l'expérience 1. C'est également le cas pour la variation de la fréquence de détection du caractère non alphabétique (ainsi que la variation des temps de réponse) en fonction du rang de ce caractère dans les stimulus de l'expérience 2. Notons que, d'une façon générale, tous les effets sériels que nous avons pu observer, même lorsqu'ils admettent une interprétation particulière, sont des effets systématiquement "orientés" de gauche à droite.

Si notre conception est à peu près correcte, alors la concaténation des lettres en digrammes (ou plus généralement le calcul des transitions) peut être vue comme un processus de reconstitution de l'ordre spatial à partir de l'ordre temporel d'extraction des lettres. Que pouvons nous alors supposer du mécanisme de calcul des transitions lui-même ? Il est premièrement nécessaire que deux lettres ne soient concaténées que lorsqu'elles sont spatialement voisines (distance 1) pour que ne soient pas calculées des transitions fausses. Le voisinage spatial ne peut être représenté que par un voisinage temporel des réponses des unités alphabétiques non positionnées, et la détection de ce voisinage pourrait être subordonnée à la présence d'une certaine phase de recouvrement temporel de ces réponses ou de leurs effets immédiats sur les unités de calcul des digrammes. Dans tous les cas, une transition ne doit être détectée que lorsque les deux composants alphabétiques présentent un certain caractère de "simultanéité" que ne peuvent pas présenter deux lettres distantes de plus d'une position dans le stimulus. Mais cette condition de simultanéité qui caractérise le voisinage de deux unités alphabétiques particulières est nécessaire tout-à-la-fois pour le calcul d'une transition aussi bien que pour le calcul de son inverse qui a même composition alphabétique et est caractérisée par le même voisinage de lettres (le voisinage n'est pas orienté s'il est représenté par une simultanéité temporelle). Il s'ensuit que si deux transitions inverses sont discernables de toutes les autres transitions par leur condition de simultanéité des signaux alphabétiques spécifiques, elles ne sont



discernables entre elles que par le sens du décalage temporel des deux signaux alphabétiques, c'est-à-dire finalement par les phases de "non simultanété" de ces signaux. Pour fixer les idées, supposons qu'un signal résultant de l'extraction de la lettre A débute à la date  $t_0$  et se termine à la date  $t_2$ , et qu'un signal résultant de l'extraction de la lettre B débute à la date  $t_1$  pour se terminer à la date  $t_3$ , avec  $t_0 < t_1 < t_2 < t_3$ . Dans ces conditions, c'est le digramme AB qui devra être détecté, mais il ne pourra l'être que postérieurement à  $t_1$ , c'est-à-dire lorsqu'une condition de simultanété adéquate des signaux alphabétiques est réalisée (lorsque le "voisinage" est détecté), ce qui se produit entre  $t_1$  et  $t_2$ . Mais cette condition de simultanété caractérise également le digramme inverse BA, de sorte que AB et BA ne peuvent être distingués qu'au cours des phases de non simultanété des signaux qui se produisent entre  $t_0$  et  $t_1$  et entre  $t_2$  et  $t_3$ . Partant de ces considérations, on peut imaginer divers types de dispositifs susceptibles d'exploiter de tels signaux et de détecter convenablement les transitions. Nous avons pour notre part examiné plusieurs éventualités théoriques conduisant à des modèles simulables "d'analyseurs de transitions", et l'on peut dire que le recours à une relation antagoniste particulière entre une transition et son inverse s'est présenté comme une constante nécessité dans tous ces modèles chaque fois que nous avons voulu obtenir un fonctionnement convenable des systèmes qui soit compatible avec les données d'observation. Ceci est dû au fait que deux analyseurs de transitions inverses répondent nécessairement aux mêmes entrées dans des conditions

très semblables, ce qui entraîne une mise en concurrence des deux unités qui ne peuvent être départagées que par une certaine "victoire" de l'une sur l'autre. On peut du reste remarquer qu'une faible discriminabilité de deux objets distincts est très généralement la source de "compétitions perceptives" entre ces objets pourvu que l'un ou l'autre doive finalement être choisi (voir par exemple le cas des mots paragrammes dans l'expérience 1).

Nous présenterons plus loin le plus simple des modèles d'analyseurs de transitions que nous avons trouvés et nous montrerons par simulation comment il peut engendrer des "effets de transitions inverses" du type de ceux que nous avons observés.

Il est encore une remarque importante que l'on peut faire si l'on admet que les transitions sont calculées à partir des unités alphabétiques non positionnées extraites en séquence de gauche à droite. Cette remarque est que les transitions elles-mêmes sont détectées les unes après les autres dans un ordre temporel correspondant à l'ordre spatial de gauche à droite.

#### 12.1.6 Les processus séquentiels :

Nous avons déjà été conduits à souligner l'intérêt de l'hypothèse suivant laquelle les unités alphabétiques seraient extraites en séquence de gauche à droite du signal visuel, hypothèse qui fournit une solution plausible au problème du repérage de la position relative des lettres qui par elles-mêmes sont des unités définies dans la perception indépendamment de leur position.

Autrement dit, l'encodage perceptif de la position des lettres serait de type dynamique plutôt que de type structurel, ce qui permettrait en particulier de ne définir chaque unité alphabétique qu'une seule fois dans le système et de n'en distinguer les différentes occurrences (et positions relatives) que par leurs dates d'extraction d'un signal visuel, c'est-à-dire uniquement sur l'axe du temps. En somme, il n'est pas interdit de penser que, passé le niveau de l'image iconique, le traitement d'un signal visuel pourrait présenter quelque analogie avec le traitement d'un signal auditif qui est lui d'emblée codé sur l'axe du temps.

Nous avons trouvé dans plusieurs expériences (exp. 1, 2, 5 et 11) divers effets de la position sérielle des éléments critiques, effets qui sont systématiquement "orientés" de gauche à droite et ne laissent guère de doute sur l'existence de processus séquentiels dans le traitement analytique du stimulus, d'autant que les fonctions expérimentalement obtenues n'ont pas des profils compatibles avec d'autres types d'interprétations telles qu'un effet de la redondance positionnelle des lettres ou un effet du masquage latéral des caractères (même si de tels effets peuvent éventuellement se manifester à l'état de traces plus ou moins visibles). Cependant, il semble que tous les effets sériels observés ne soient pas des conséquences immédiates de l'extraction séquentielle des unités alphabétiques, et nous avons vu en particulier à l'issue de l'expérience 11 que dans certains cas, il serait préférable d'admettre que les effets sériels observés résultent d'un processus de contrôle des hypothèses lexi-



cales examinant l'adéquation des transitions en séquence dans un ordre temporel correspondant à l'ordre spatial de gauche à droite, ceci jusqu'à ce qu'un certain critère de validation d'une hypothèse soit atteint ou qu'une incompatibilité avec le stimulus soit détectée. Nous avons vu en particulier comment cette supposition permet d'interpréter la variation linéaire du retard de réponse au cinquième essai des séries de mots de l'expérience 1 en fonction du rang de la lettre différenciant les deux mots paragrammes concurrents d'une série. Ceci suppose naturellement que des hypothèses lexicales sont émises dans un premier temps sur la base d'un traitement incomplet du signal qui permettrait de présélectionner un nombre relativement restreint d'éventualités lexicales possibles. Nous sommes donc ramenés à des modèles analytiques du type "Analyse Par Synthèse" ou "Activation - Vérification" (cf. § 9.5.3 par exemple) en ce qui concerne les principes généraux du processus d'identification des mots.

D'autre part, il n'est pas impossible que l'examen séquentiel des transitions soit une conséquence assez directe de leur extraction qui serait elle-même séquentielle, ainsi que nous avons été conduits à l'envisager p. 362. Dans ce cas, on pourrait dire que les différents effets sériels observés sont réductibles à des conséquences plus ou moins directes du processus d'extraction séquentielle des unités alphabétiques à partir de la représentation visuelle du signal stimulus.

Enfin, il convient sans doute de s'interroger sur la cadence des processus analytiques séquentiels. Les résultats de l'expé-

rience 1 réexaminés p. 349 nous ont conduits à estimer que la cadence de traitement séquentiel pourrait être de l'ordre de 8,5 ms ou plus par unité de codage, sans qu'il nous soit possible de préciser davantage sur la base de nos observations. Cependant, même en doublant ou en triplant cette estimation de 8,5 ms par unité, il nous faut constater que l'effet d'auto-facilitation observé sur des mots de 5 lettres dans l'expérience 1, soit 104 ms entre l'essai 1 et l'essai 3 des séries, serait du même ordre de grandeur que la durée d'un balayage complet du stimulus (qui durerait en moyenne 42,5 ms pour une cadence de 8,5 ms par unité, 85 ms pour une cadence de 17 ms par unité, et 127,5 ms pour une cadence de 25,5 ms par unité). En admettant qu'il faut au moins un balayage pour identifier le stimulus à l'essai 3 des séries, il nous faudrait supposer qu'à l'essai 1 le stimulus est identifié en au moins deux balayages successifs. Si l'on considère à présent la durée moyenne d'une fixation oculaire normale, soit 200 à 250 ms, correspondant à la saisie d'environ 6 ou 7 caractères, on parvient également à la conclusion que cette durée permettrait plus d'un balayage du signal. Il faudrait naturellement des éléments beaucoup plus précis que ceux dont nous disposons pour pouvoir établir une conclusion, mais disons simplement pour l'instant que nous nous trouvons moins embarrassés devant certains résultats si nous supposons qu'un mot est traité en au moins deux balayages successifs.

## 12.2 Suggestions théoriques :

### 12.2.1 Un modèle pour les analyseurs de transitions :

Le modèle que nous proposons ici découle des considérations exposées en 12.1.5 et fournit une solution particulière, compatible avec nos observations, au problème du calcul des transitions à partir d'unités alphabétiques délocalisées extraites en séquence de gauche à droite du signal, l'ordre spatial étant donc uniquement représenté par l'ordre temporel des signaux. L'élément de base de tout dispositif analyseur est supposé être un détecteur spécialisé (un "noeud" dans un réseau) du type le plus couramment utilisé par les auteurs, c'est-à-dire du type "Unité de Sommation Pondérée à Seuil" (USPS). Chaque USPS du système correspond à une unité de codage particulière (ex: la lettre A, ou encore le digramme AB) et se trouve connectée à un certain nombre d'autres USPS constituant l'ensemble de ses "voisins" dont elle peut recevoir ou auxquels elle peut transmettre des signaux. Les signaux transmis peuvent avoir sur l'USPS réceptrice un effet activateur ou au contraire un effet inhibiteur suivant que l'unité réceptrice est compatible ou non avec l'unité émettrice (autrement dit il y a des connexions positives et des connexions négatives comme dans les modèles de Johnston et McClelland, 1980, et de McClelland et Rumelhart, 1981, 1982 présentés en 9.5.1 et en 9.5.2). Chaque signal transmis peut être vu comme un "train" d'impulsions élémentaires dont chacune constitue une "unité d'activation" et a une durée prise



égale à une unité de temps (tps). Chaque impulsion est transmise d'une unité émettrice à une unité réceptrice avec un retard de transmission  $r$ , puis elle est pondérée par le récepteur, positivement si le signal est activateur et négativement si le signal est inhibiteur, l'impulsion ayant un effet de durée  $M$  sur le récepteur. La durée  $M$  de l'effet d'une impulsion est appelée "rémanence des signaux transmis" et représente une fonction mnémonique à court terme du système. Les effets des impulsions reçues sont additionnés par le récepteur et déterminent le "niveau d'activation" de l'USPS, le niveau de repos étant par convention pris égal à 0. Une USPS n'engendre un signal de sortie (réponse) que lorsque son niveau d'activation excède une certaine valeur seuil, et elle reste muette dans le cas contraire. Par commodité, nous désignerons généralement une USPS par l'unité de codage qu'elle représente dans le système.

Soit une USPS  $u$ , l'ensemble de ses voisins activateurs est désigné par  $V_u^+$  et l'ensemble de ses voisins inhibiteurs est désigné par  $V_u^-$ . L'ensemble  $V_u = V_u^+ \cup V_u^-$  est appelé "ensemble des afférences de  $u$ " et représente toutes les USPS susceptibles de transmettre directement des signaux à  $u$  avec un retard  $r$ . L'USPS  $u$  appliquera aux signaux afférents des coefficients de pondération tels que :

$$\left. \begin{array}{lll} c_v > 0 & \text{si} & v \in V_u^+ \\ c_v < 0 & \text{si} & v \in V_u^- \\ c_v = 0 & \text{si} & v \notin V_u \end{array} \right\} \quad (1)$$

Soit  $S_u$  le seuil de réponse de  $u$ , on désigne par  $A(u,t)$  le niveau d'activation de l'unité  $u$  au temps  $t$ , et on désigne par  $R(u,t)$  la réponse de  $u$  au temps  $t$ . Suivant le fonctionnement d'une USPS que nous avons décrit plus haut, on a :

$$A(u,t) = A(u,t-1) + \sum_{V \in V_u} c_V R(V,t-1) - \sum_{V \in V_u} c_V R(V,t-M) \quad (2)$$

Le niveau de repos est :

$$A(u,t_0) = 0 \quad (3)$$

La réponse de  $u$  au temps  $t$  est :

$$\begin{aligned} R(u,t) &= 1 & \text{si} & \quad A(u,t) \geq S_u \\ R(u,t) &= 0 & \text{si} & \quad A(u,t) < S_u \end{aligned} \quad \begin{array}{c} \text{---} \\ (4) \\ \text{---} \end{array}$$

On vérifie aisément que si aucun signal n'a été reçu par l'USPS depuis  $M$  tps, l'USPS revient automatiquement à son niveau de repos 0. On vérifie également que le niveau d'activation possède un maximum et un minimum tels que :

$$M \sum_{V_n \in V_u^-} c_n \leq A(u,t) \leq M \sum_{V_p \in V_u^+} c_p, \quad \forall t$$

Les phénomènes de mémoire à plus long terme pourraient être représentés par des variations du seuil de réponse  $S_u$  ainsi que le suggèrent certains auteurs (cf. par exemple Morton, 1969 ou encore Nelson, 1978 pour une éventuelle interprétation neuro-physiologique). Cependant, n'ayant ici à considérer que des phénomènes de courte durée, nous traiterons  $S_u$  comme une constante.

Un détecteur de transition est une USPS qui a pour voisins activateurs les deux unités alphabétiques composant le digramme considéré, et qui a pour unique voisin inhibiteur le détecteur de la transition inverse (fig. 36). Une discrimination convenable de l'ordre temporel des signaux alphabétiques est permise par un jeu simple des pondérations de ces signaux conjugué avec la relation antagoniste des détecteurs de transitions inverses. Il faut que chaque détecteur de transition pondère plus fortement les signaux de la première que ceux de la seconde des lettres qui composent le digramme représenté par ce détecteur, et en outre que les signaux inhibiteurs du détecteur antagoniste représentant la transition inverse reçoivent une pondération dont la valeur absolue soit voisine de la plus forte des deux pondérations des signaux alphabétiques (ou éventuellement plus forte que celle-ci).

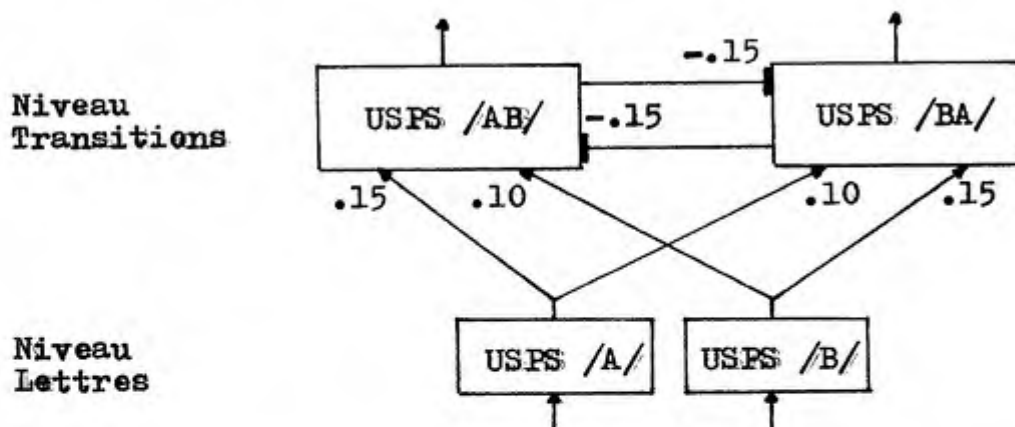


FIGURE 36 : Schéma d'un dispositif de calcul des transitions AB et BA à partir des unités alphabétiques A et B non positionnées, les lettres étant supposées extraites du signal visuel en séquence et dans un ordre temporel correspondant à l'ordre spatial de gauche à droite. Des exemples de pondérations convenables des entrées des USPS sont donnés sur la figure.



Soit par exemple l'USPS détecteur du digramme /AB/ (nous mettons le digramme entre deux barres pour indiquer qu'il s'agit d'une unité perceptive et éviter des ambiguïtés dans la notation), son niveau d'activation tel qu'il est défini par (2) s'écrit :

$$A(/AB/,t) = A(/AB/,t-1) + c_{/A/}R(/A/,t-r) + c_{/B/}R(/B/,t-r) + \\ c_{/BA/}R(/BA/,t-r) - c_{/A/}R(/A/,t-r-M) - \\ c_{/B/}R(/B/,t-r-M) - c_{/BA/}R(/BA/,t-r-M)$$

avec :  $c_{/A/} > c_{/B/} > 0$  et  $c_{/BA/} \simeq -c_{/A/}$

Le niveau d'activation au temps t de l'USPS détecteur du digramme inverse /BA/ sera :

$$A(/BA/,t) = A(/BA/,t-1) + c_{/B/}R(/B/,t-r) + c_{/A/}R(/A/,t-r) + \\ c_{/AB/}R(/AB/,t-r) - c_{/B/}R(/B/,t-r-M) - \\ c_{/A/}R(/A/,t-r-M) - c_{/AB/}R(/AB/,t-r-M)$$

avec cette fois :  $c_{/B/} > c_{/A/} > 0$  et  $c_{/AB/} \simeq -c_{/B/}$

Dans ce qui suit, nous désignerons par /1/ la première des deux lettres d'un digramme, par /2/ la seconde de ces lettres et par /21/ le digramme inverse, /12/ désignant alors le digramme considéré lui-même. Le niveau d'activation au temps t peut alors s'écrire de manière générale :

$$A(/12/,t) = A(/12/,t-1) + c_{/1/}R(/1/,t-r) + c_{/2/}R(/2/,t-r) + \\ c_{/21/}R(/21/,t-r) - c_{/1/}R(/1/,t-r-M) - \\ c_{/2/}R(/2/,t-r-M) - c_{/21/}R(/21/,t-r-M) \quad (5)$$

avec :  $c_{/1/} > c_{/2/} > 0$  et  $c_{/21/} \simeq -c_{/1/}$

Soit  $d_L$  la durée de la réponse d'une unité alphabétique (en tps) et soit  $d_K$  le délai séparant l'extraction de deux lettres consécutives dans le stimulus, avec  $d_K < d_L$ . La condition de simultanéité des signaux caractérisant le voisinage de deux lettres (cf. 12.1.5) sera réalisée durant  $d_L - d_K$  tps. Pour éviter des disfonctionnements du système du type "fausses détections" de transitions, on a intérêt à supposer que  $d_K < d_L < 2d_K$ . D'autre part, si l'on suppose que  $M \geq d_L$ , on aura intérêt à choisir le seuil de réponse  $S_{/12/}$  de telle sorte que l'on ait:  $c_{/1/d_L} < S_{/12/} \leq c_{/1/d_L} + (d_L - d_K)c_{/2/}$ , ce qui permet de détecter assez rapidement le digramme sans risquer de le détecter à partir d'une seule lettre. On peut également montrer qu'un choix du seuil de réponse de l'USPS détecteur d'un digramme tel que l'on a:  $S_{/12/} = c_{/1/d_L} + (d_L - d_K)c_{/2/}$  donne dans le système une tolérance maximale quant'au retard de transmission des signaux (r). Ceci est dû au fait que dans notre système de calcul des transitions, le premier des deux détecteurs de transitions inverses qui parvient au seuil de réponse doit inhiber son antagoniste de telle sorte que celui-ci ne parvienne pas au seuil de réponse (auquel il parviendrait toujours sans cela). Ceci suppose que le retard de transmission du signal inhibiteur est inférieur au délai qui séparerait l'accession au seuil des deux détecteurs de digrammes antagonistes, délai qui est maximum lorsque les seuils sont déterminés conformément à ce que nous avons dit plus haut. En somme, il existe un certain nombre de contraintes reliant plus ou moins étroitement les différents paramètres et imposant des choix non indépendants de leurs valeurs.

### Simulations :

Pour les simulations numériques des processus de détection des transitions qui suivent, nous utiliserons les paramètres suivants:

$$c_{/1/} = .15 \quad ; \quad c_{/2/} = .10 \quad ; \quad c_{/21/} = -.15$$

$$d_L = 15 \text{ tps} \quad ; \quad d_K = 10 \text{ tps}$$

$$M = 25 \text{ tps} \quad ; \quad r = 2 \text{ tps}$$

$$S_u = .15 \times 15 + (15-10) \times .10 = 2,75$$

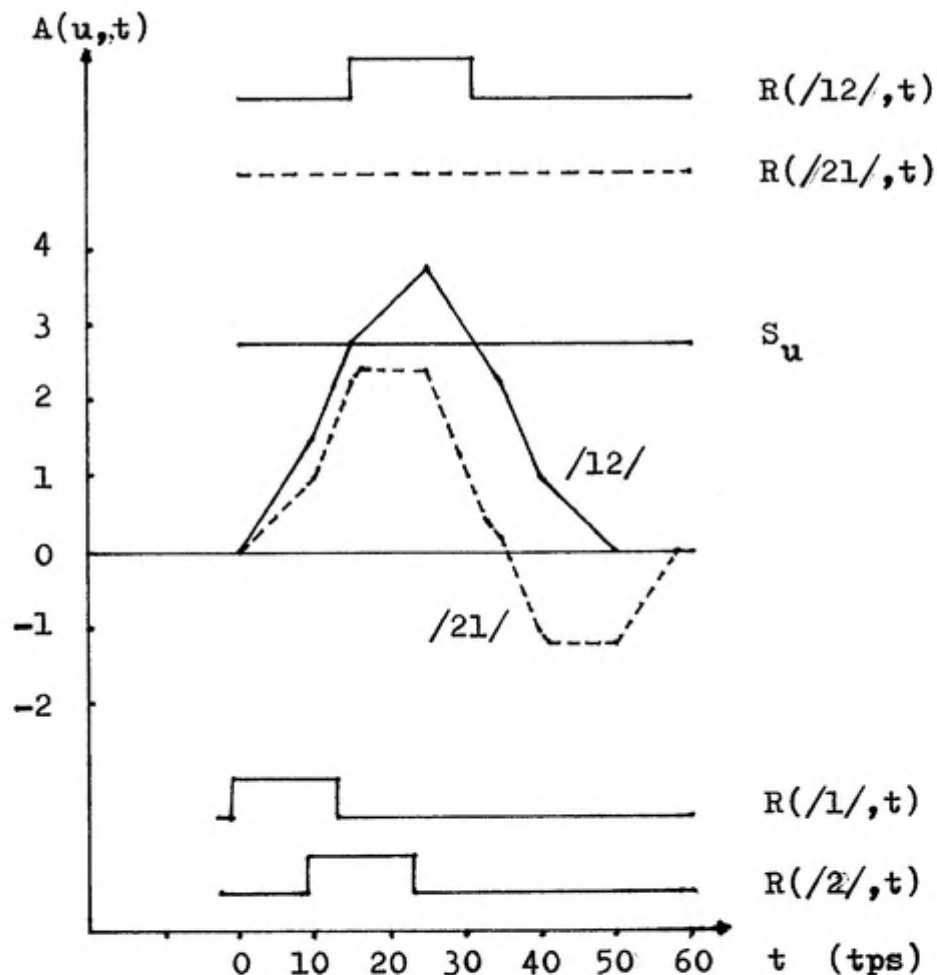


FIGURE 37 : Simulation du processus de détection d'un digramme à partir de signaux d'unités alphabétiques représentés dans la partie inférieure du graphique. En trait discontinu, le comportement du détecteur du digramme inverse de celui qui est détecté. Le digramme détecté engendre une réponse de 17 tps alors que le digramme inverse reste muet.



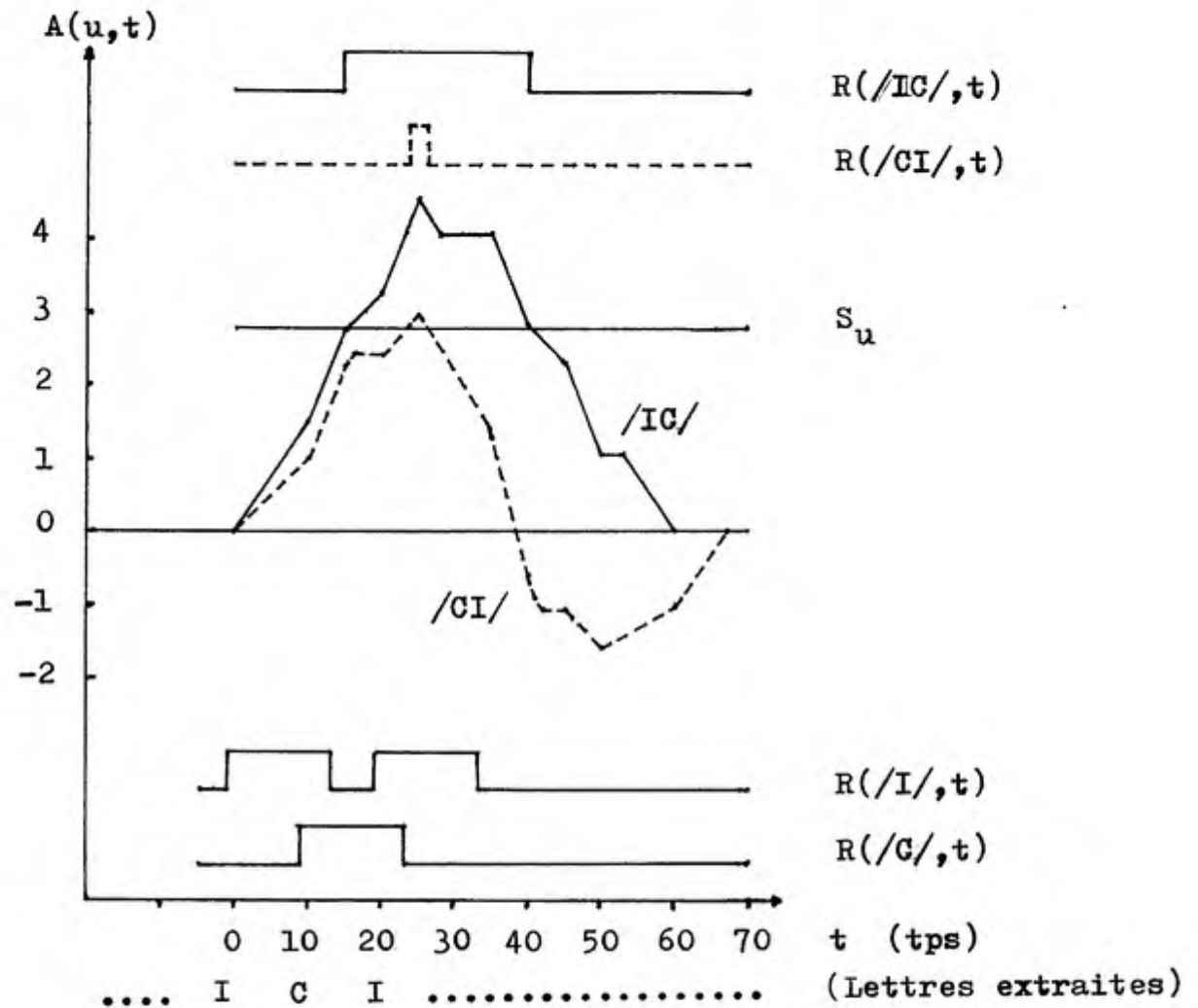


FIGURE 38 : Simulation du processus de détection des deux digrammes inverses IC et CI qui se succèdent immédiatement dans le mot palindrome ICI . Rappelons que, selon nos hypothèses, une succession spatiale est traduite en une succession temporelle, de sorte que les processus concernant une succession spatiale traduite ou une succession d'emblée temporelle sont fondamentalement identiques. Les signaux alphabétiques d'entrée sont toujours représentés dans la partie inférieure de la figure, mais on a en plus positionné les lettres sous l'axe du temps ( $t$ ) aux instants de leur extraction pour faciliter la lecture des graphiques. Le niveau d'activation et le signal de sortie en trait continu concernent le détecteur du premier digramme (IC) . Le niveau d'activation et le signal de sortie en trait discontinu concernent le détecteur du second digramme (CI) inverse du premier. On peut constater que le détecteur du premier des deux digrammes inverses (IC) engendre une réponse anormalement longue (26 tps au lieu de 17 tps), alors que le détecteur du second de ces digrammes (CI) engendre une réponse anormalement courte (3 tps).

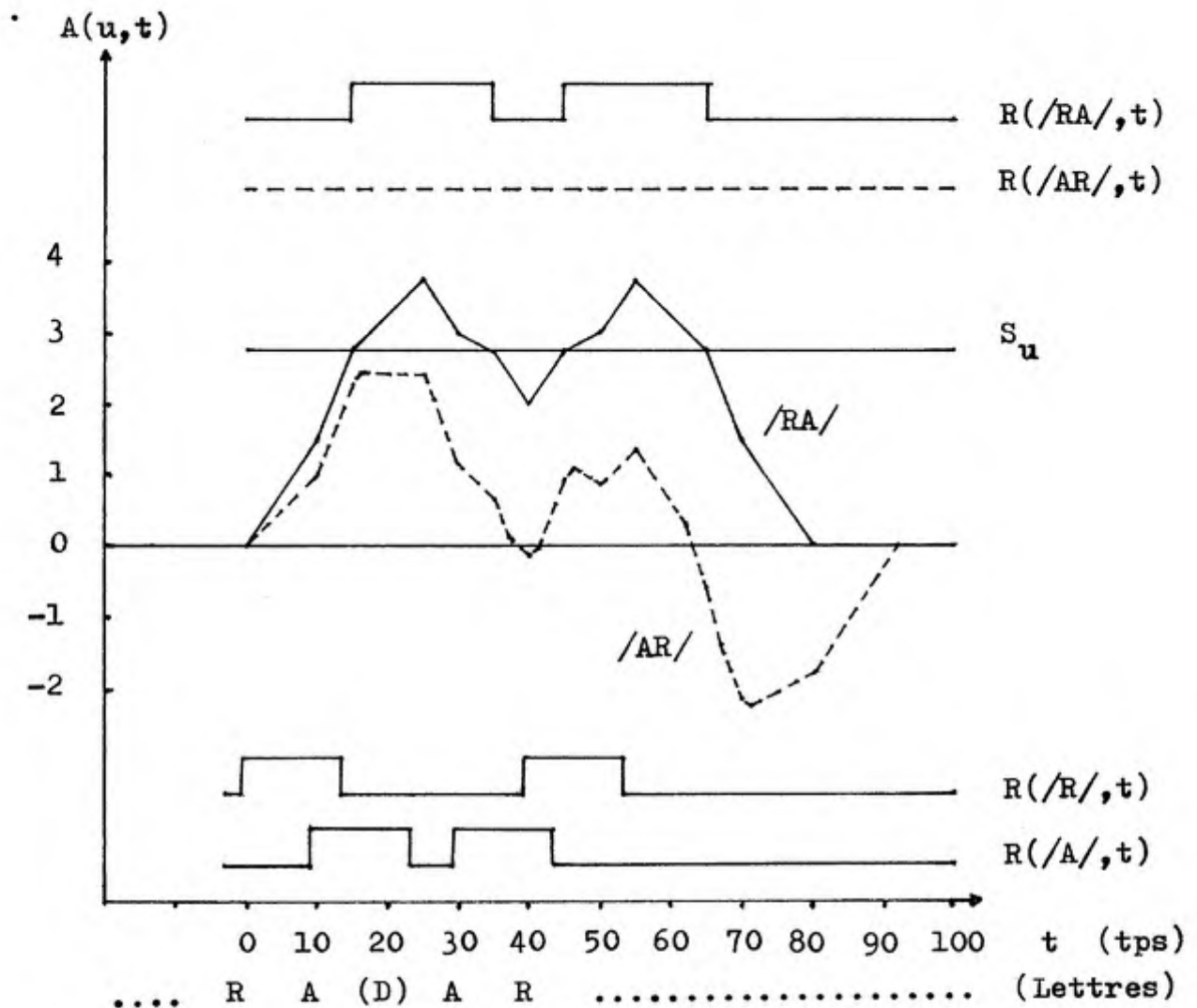


FIGURE 39 : Simulation du processus de détection des deux digrammes inverses RA et AR dans le mot palindrome RADAR. La présentation est analogue à celle de la figure 38, la différence étant ici que les deux digrammes inverses étudiés ne se succèdent pas immédiatement mais sont séparés par une lettre (D) qui donne un écart temporel plus grand entre les deux digrammes. Notons que la séquence centrale ADA s'analyse exactement comme l'exemple ICI de la figure 38.

Le phénomène obtenu ici est que le second des deux digrammes inverses (AR) est totalement masqué par le premier (RA), et ne donne lieu à aucune réponse de son détecteur. En revanche, le premier des deux digrammes (RA) bénéficie largement de la présentation de son inverse, et son détecteur engendre successivement deux réponses dont chacune dure 21 tps (au lieu des 17 tps d'une réponse normale pour un détecteur de digramme).

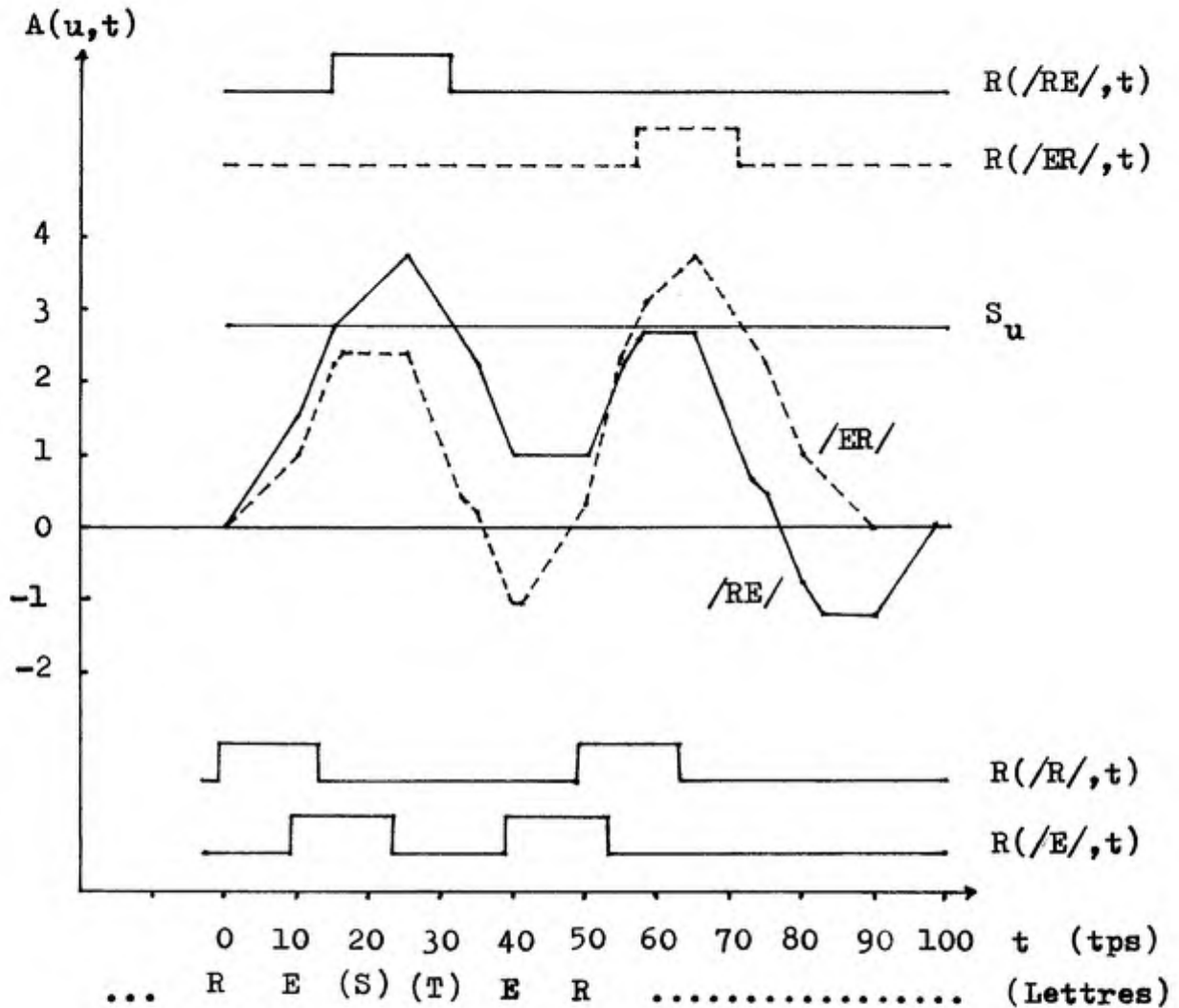


FIGURE 40 : Simulation du processus de détection des deux digrammes inverses RE et ER dans le mot RESTER. L'interposition de deux lettres (S et T) entre les deux digrammes inverses a pour effet d'augmenter encore le délai séparant le traitement de ces digrammes par rapport au cas de la figure 39.

On peut constater ici que les phénomènes particuliers liés à la succession rapide de deux digrammes inverses ont pratiquement disparu grâce à l'augmentation du délai. Le premier des deux digrammes inverses donne lieu à une réponse normale de 17 tps (c'est le digramme RE), et le second de ces digrammes (ER) donne lieu à une réponse presque normale de 15 tps. en augmentant encore légèrement le délai, on obtiendrait une réponse tout-à-fait normale de chacun des deux digrammes inverses. Il existe donc un délai de succession critique au delà duquel l'effet des transitions inversées disparaît et où le système retrouve un fonctionnement normal.



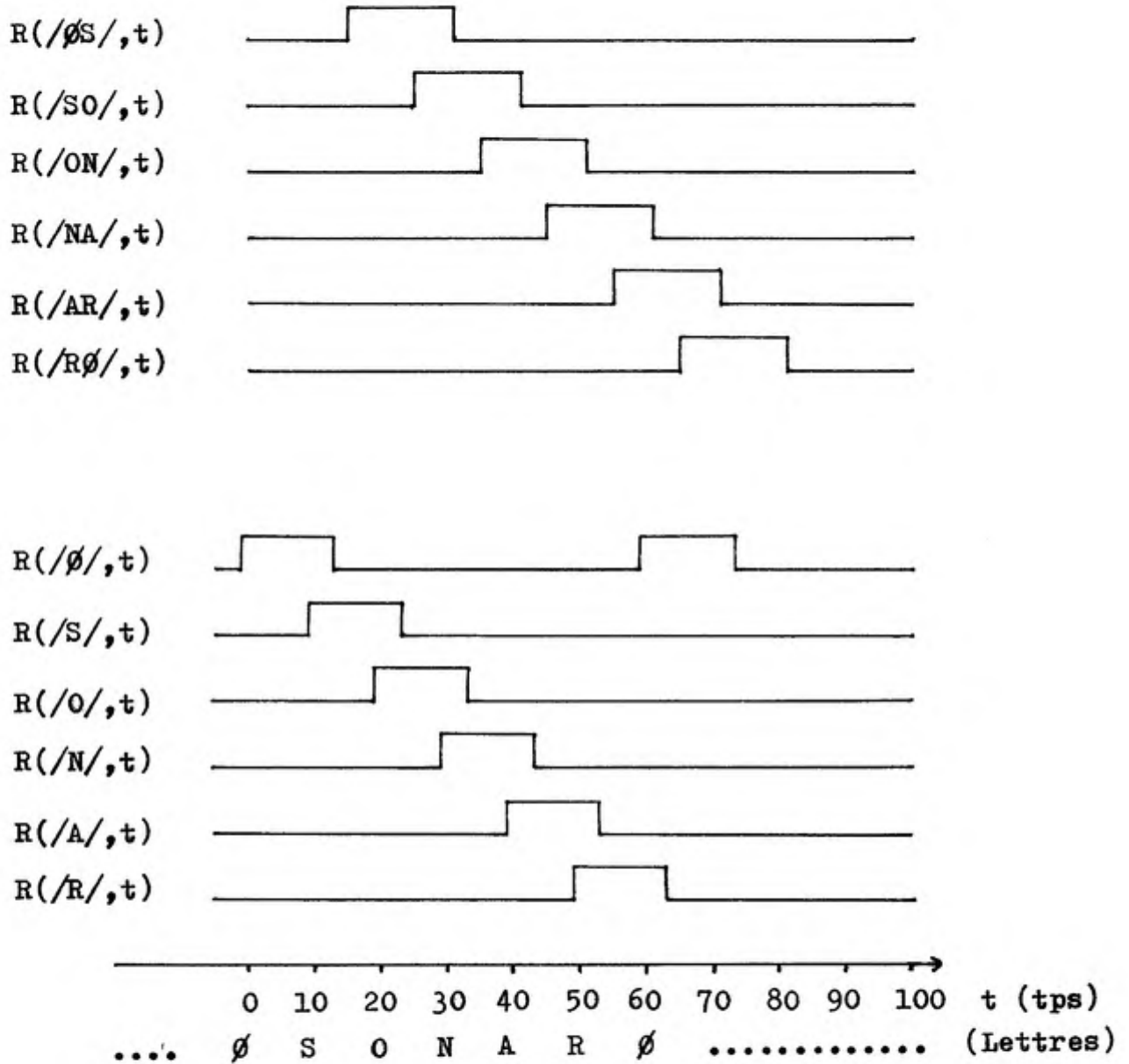


FIGURE 41 : Simulation de la détection de toutes les transitions du mot SONAR . Le symbole  $\emptyset$  représente le caractère d'espacement assimilé à un caractère orthographique délimiteur (et séparateur de mots). Seuls les signaux de sortie des USPS sont représentés ici, les signaux alphabétiques figurant dans la partie inférieure de la figure, et les réponses des analyseurs de transitions figurant dans la partie supérieure. Le calcul des transitions est ici tout-à-fait normal et chaque détecteur de transition engendre une réponse de 17 tps dans un délai de 6 tps après le début de la réponse du second composant de la transition. Remarquons que les transitions sont détectées en séquence tout comme les unités de niveau alphabétique.

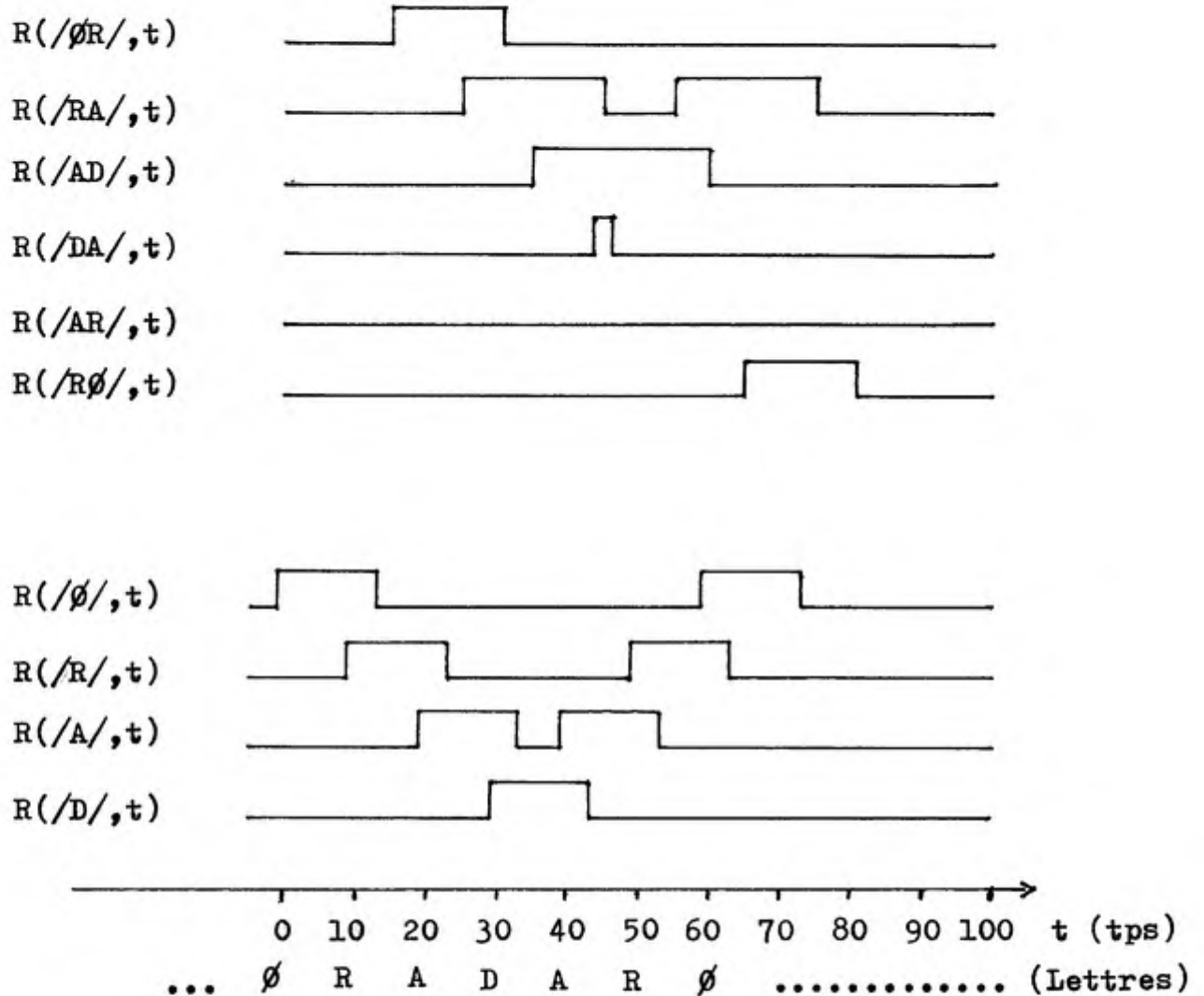


FIGURE 42 : Simulation du processus de détection perturbé des transitions du palindrome RADAR . Seules les transitions limites  $\emptyset R$  et  $R\emptyset$  sont détectées de façon tout-à-fait normale en raison de l'important délai qui sépare leurs traitements respectifs, délai qui est ici de 50 tps. Toutes les autres transitions donnent lieu à des effets de la succession rapide de transitions inverses, et l'on trouve en particulier le cas de la figure 39 pour les transitions RA et AR , ainsi que le cas de la figure 38 pour les transitions AD et DA .

Pour que les transitions d'un stimulus palindrome comme RADAR soient détectées convenablement, il faudrait introduire des délais particuliers entre les traitements des différentes transitions, ce qui aurait pour conséquence de ralentir le traitement de l'ensemble par rapport à des stimulus sans transitions inversées.

Les observations particulières qui se dégagent de nos simulations du processus de détection des transitions sont les suivantes :

- . Lorsque deux transitions inverses l'une de l'autre sont analysées en succession assez rapide, la seconde des deux transitions traitée est masquée par la première. Il s'agit donc d'un effet de masquage proactif particulier entre deux transitions inverses, effet que nous avons pu observer expérimentalement (exp. 6, 7 et 8).

- . Lorsque deux transitions inverses l'une de l'autre sont analysées en succession assez rapide, la détection de la première des deux transitions traitée est renforcée ou redoublée par la présence de son inverse dans le stimulus. Il s'agit ici d'une prédiction nouvelle qui est une conséquence de notre modèle.

On pourrait dire, de façon schématique, que la première des deux transitions inverses qui est traitée "absorbe" perceptivement la seconde.

Il est un autre cas particulier de disfonctionnement de notre dispositif de calcul des transitions, c'est le cas où deux occurrences d'une même lettre se trouvent en succession immédiate . Dans ce cas, les détecteurs de tous les digrammes qui ont cette lettre pour premier composant engendrent intempestivement une réponse en même temps. Or nous savons justement qu'il existe un effet d'infériorité perceptive des lettres répétées (cf. Bjork & Murray, 1977 , Egeth & Santee, 1981 et nos expériences 3 et 4), effet qui pourrait éventuellement traduire l'existence



d'un mécanisme correcteur ou pré-correcteur du disfonctionnement signalé du système de calcul des transitions. Une solution particulière envisageable consisterait à supposer que les analyseurs alphabétiques ont un comportement "adaptatif" qui, dans tous les cas, limite la durée de leur réponse à un temps égal ou peu supérieur à la durée de la réponse obtenue avec une seule occurrence de la lettre représentée. Formellement, ceci pourrait se traduire par une rétroaction négative d'un détecteur de lettre sur lui-même, c'est-à-dire que pour une unité alphabétique  $u$ ,  $u \in V_u^-$ . Ceci n'est bien sûr qu'une suggestion parmi sans doute bien d'autres possibles pour expliquer "l'effet d'infériorité des lettres répétées".

### 12.2.2 Synthèse :

Parvenant au terme de notre exposé, il nous paraît utile de récapituler schématiquement l'ensemble de nos conclusions et interprétations des faits par un modèle, fût-il grossier et approximatif, de ce que pourrait être l'organisation générale du système de traitement perceptif des mots écrits. Nous n'avons pas donné à ce modèle une forme immédiatement simulable car trop d'éléments nous échappent encore pour que l'on puisse décrire son fonctionnement avec tous les détails qu'exige la mise en oeuvre d'une simulation numérique informatique. Il s'agit donc simplement d'une synthèse schématique reflétant l'état actuel de nos conclusions sans plus de prétentions.

Si nous devons rattacher nos conceptions à certaines de celles qui sont proposées dans la littérature, nous pourrions les situer dans la famille des modèles analytiques de la perception des mots utilisant les principes "d'activation et vérification" d'hypothèses lexicales (voir ch. 9). La différence essentielle avec d'autres modèles de cette famille tient à la nature non positionnée des unités de codage alphabétiques et au caractère séquentiel de leur extraction du signal qui permet de coder l'ordre des lettres du stimulus sur l'axe du temps (et donc de façon dynamique). Une autre différence relativement importante tient à la nature de la représentation **perceptive** du stimulus servant de référence à la procédure de contrôle des hypothèses lexicales. Il est généralement admis qu'il s'agit d'une représentation sensorielle visuelle, mais nous pensons pour notre

part qu'il pourrait plutôt s'agir d'une représentation orthographique relativement abstraite à base de digrammes (ou "transitions") obtenus par concaténation des unités alphabétiques deux à deux (voir 12.2.1). Il s'agirait en somme d'une reconstruction abstraite de la chaîne de caractères stimulus débarrassée d'un certain nombre de caractéristiques géométriques non pertinentes telles que les coordonnées visuelles, la taille et la forme particulière des éléments constituant le stimulus. Il est en outre à remarquer qu'une telle représentation permet d'intégrer un signal relativement long saisi en plusieurs fixations oculaires successives puisque le positionnement des éléments est exclusivement relatif et basé sur des succession temporelles d'unités abstraites. Ceci est sans doute à rapprocher des observations de McConkie et Zola (1979) qui montrent que des modifications de la forme visuelle d'un texte stimulus intervenant au cours des saccades oculaires ne sont pas perçues par le sujet et n'ont pas d'incidence sur le processus de saisie.

Les hypothèses lexicales pour leur part seraient émises par un système de détecteurs lexicaux directement activables par les signaux d'unités représentant les lettres de l'alphabet non positionnées (mais extraites en séquence du signal stimulus). Ceci nous expliquerait en particulier que, dans nos expériences, les pré-masques anagrammes de la cible tendent à avoir un effet positif sur l'identification du mot cible, alors qu'on sait que la simple répétition de lettres identiques à des positions distinctes tend plutôt à induire un certain masquage de ces lettres. L'effet facilitateur du pré-masque anagramme de la cible pourrait consister en une pré-activation du détecteur lexical adéquat.



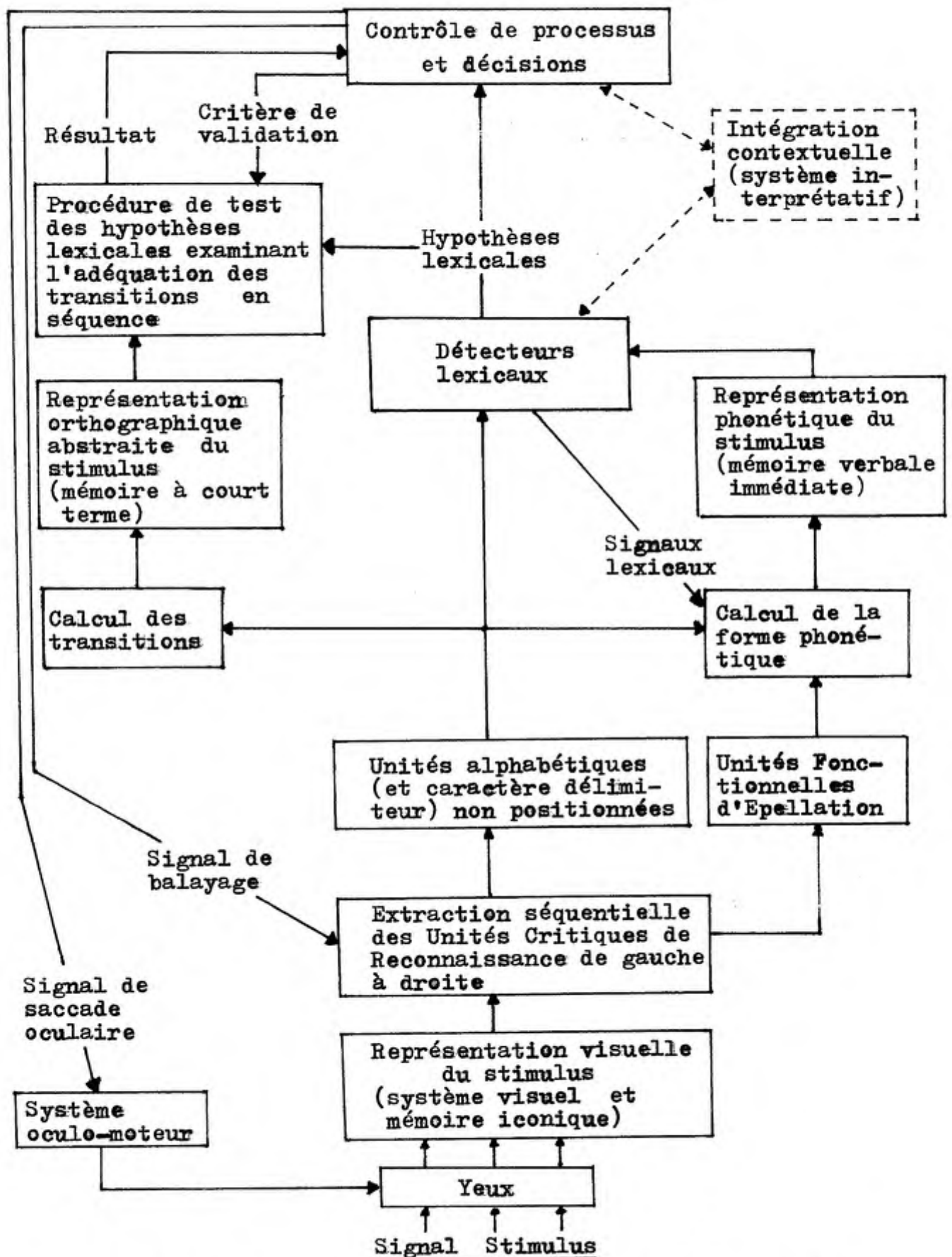


FIGURE 43 : Organisation schématisée du système perceptif de lecture selon nos hypothèses actuelles.

Si tel est le cas, nous pouvons par exemple prévoir que des mots stimulus possédant des anagrammes dans la langue doivent fréquemment donner lieu à des hypothèses lexicales inexactes correspondant à ces anagrammes, de sorte que l'on devrait observer des retards d'identification particuliers d'un stimulus suivant le nombre de ses anagrammes lexicales et éventuellement suivant la fréquence d'usage relative de ces anagrammes si l'on admet qu'il existe un ordre d'évaluation des hypothèses lexicales fonction de la fréquence d'usage des mots (les expériences appropriées restent à faire) <sup>1</sup>.

La figure 43 résume très schématiquement l'ensemble de nos conceptions actuelles en ce qui concerne l'organisation générale du système perceptif de lecture. Nous avons tenté d'intégrer à cette construction, autant qu'il nous était possible, différentes conclusions qui semblent se dégager de la littérature expérimentale ainsi que celles auxquelles nous conduisent nos propres observations.

Le signal stimulus optique serait dans un premier temps pré-traité dans son ensemble en parallèle par le système visuel qui déterminerait un certain nombre d'attributs géométriques locaux de l'image saisie au cours d'une fixation oculaire. Cette représentation visuelle du stimulus serait maintenue quelques instants à la disposition des processus d'analyse supérieurs par la mémoire sensorielle visuelle (mémoire iconique). Cette représentation visuelle serait ensuite analysée en séquence de gauche à droite par un dispositif que l'on peut formellement assimiler à un automate de reconnaissance des Unités Critiques.

Il s'ensuit que les Unités Critiques de Reconnaissance (UCR) sont extraites de la représentation visuelle les unes après les autres dans un ordre temporel correspondant à l'ordre sériel spatial de gauche à droite. Les UCR sont supposées être de deux sortes : des unités "alphabétiques" (lettres) et des unités spécifiquement "grapho-phonétiques" qui sont les Unités Fonctionnelles d'Epellation (ou "Patterns d'Epellation") dont nous avons parlé en 5.3. Le caractère d'espacement (délimiteur  $\emptyset$ ) est assimilé à une unité de codage alphabétique et il sera pris en compte dans le calcul des transitions (l'espacement entre dans la composition des transitions "limites"). Les sorties de l'automate de reconnaissance des UCR activent des unités mnémotechniques spécialisées (du type USPS) représentant les UCR sous une forme abstraite non positionnée. Autrement dit, tout se passe comme si toutes les occurrences d'une même unité de codage (ex: la lettre A (= a) , quelle que soit sa position actuelle) étaient prises en charge par une seule et même USPS . L'ordre des éléments extraits est donc uniquement représenté par l'ordre temporel des signaux correspondants. Les signaux des unités alphabétiques alimentent tout-à-la-fois le dispositif de calcul des transitions (cf. § 12.2.1), un réseau de détecteurs lexicaux, et un dispositif de calcul de la forme phonétique du stimulus. Les signaux issus des Unités Fonctionnelles d'Epellation pour leur part n'alimentent que le système de calcul de la forme phonétique, mais il n'est pas à exclure qu'il s'agisse là d'une limitation abusive car, si nous avons bien la preuve que les UFEs interviennent dans le calcul de la forme phonétique (cf.



Pring , 1981 , et § 5.3), il n'a jamais été démontré que ces unités n'interviennent pas aussi dans des formes de codage purement orthographique de l'information. Il est d'ailleurs à remarquer que le terme "Epellation" est une traduction habituelle mais abusivement limitative de l'anglais "Spelling" qui signifie tout-à-la-fois "épellation" et "orthographe" , le terme "épeler" signifiant en français : " décomposer un mot et en nommer successivement les lettres " (définition du P.L.I, Ed. 1972), ce qui, on le voit, correspond assez mal à l'idée d'unité orthographique multi-lettres que recouvre en fait le terme anglais "Spelling Pattern" ( ou "Functional Spelling Unit").

Refermant cette parenthèse, nous supposons que les détecteurs lexicaux renvoient des signaux de feed-back sur le système de calcul de la forme phonétique, ce qui semble découler en particulier des observations de Glushko (1979 , voir aussi § 6.1). La forme phonétique obtenue serait stockée en mémoire verbale et servirait de seconde source d'activation des unités lexicales (après les signaux alphabétiques), ainsi qu'en témoignent de nombreuses observations (cf. § 5.3 et ch. 6). C'est peut-être au niveau de la représentation phonétique ou de son calcul que la syllabe devient une unité de codage pertinente, et il est à remarquer que la syllabe doit être une unité assez fortement informative puisqu'elle est généralement équivalente à une séquence intégrée de plusieurs lettres ( elle "vaut" fréquemment trois ou quatre lettres dans l'ordre).

Sur la branche "orthographique" du système (partie gauche de la figure 43), les transitions calculées permettent la construc-

tion d'une représentation orthographique abstraite du stimulus respectant normalement l'essentiel des propriétés de ce stimulus du point de vue orthographique. Cette représentation a peut-être une certaine diversité d'usages, mais nous pensons en tout cas qu'elle sert de forme de référence à une procédure de test d'hypothèses lexicales. Ces hypothèses résulteraient de la réponse des détecteurs lexicaux dont les niveaux d'activation auraient franchi un certain seuil critique, c'est-à-dire les détecteurs des mots au moins partiellement compatibles avec les informations extraites du stimulus et transmises au lexique. L'intérêt particulier d'un tel système de détection n'exigeant pas une correspondance totale et parfaite entre les informations afférentes et les spécifications des mots est sans doute de permettre l'identification des mots même dans les cas où, pour une raison ou pour une autre, le stimulus ne peut être entièrement ou tout-à-fait convenablement analysé (saisie rapide par exemple), ou encore dans les cas où le stimulus lui-même est "bruité" (coquilles, fautes d'orthographe, caractères mal formés, taches, reflets et autres masques visuels entraînant des lacunes ou des erreurs dans l'analyse). La contrepartie de cette relative souplesse du système est qu'il arrive fatalement qu'il y ait des fausses détections et que des hypothèses lexicales inexactes soient émises, faisant concurrence à une éventuelle hypothèse exacte, ce qui exige une évaluation des hypothèses lexicales émises permettant au moins de les départager entre elles, sinon de contrôler totalement l'exactitude de l'une d'elles. Cette évaluation tient sans doute compte de différents éléments

pour "peser" les hypothèses lexicales, éléments tels que le niveau d'activation relatif des différents détecteurs lexicaux, la fréquence d'usage des mots et éventuellement leur compatibilité avec le contexte (linguistique ou autre). Ces différents éléments peuvent conférer à toute hypothèse lexicale un certain degré de "plausibilité" autorisant ou non la décision, ou permettant de fixer pour chaque hypothèse retenue un certain nombre de conditions de validation plus ou moins exigeantes, ou encore de déterminer un ordre de priorité des hypothèses pour un test de compatibilité avec la représentation orthographique du stimulus. Nous pensons que ce test de compatibilité opère par un examen de l'adéquation des transitions en séquence, depuis la transition limite initiale et jusqu'à la nième transition permettant d'atteindre le critère de validation de l'hypothèse ou de détecter son incompatibilité avec le stimulus. Il est possible que le caractère séquentiel de cet examen des transitions soit en fait une conséquence du caractère séquentiel de leur calcul, mais il n'y a pas d'évidence expérimentale à ce sujet. Enfin, nous pensons, jusqu'à preuve du contraire, qu'il y a plusieurs balayages successifs, et donc plusieurs analyses de l'image saisie en une fixation oculaire, mais ceci reste également à démontrer.

---



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLPORT, A. : On knowing the meaning of words we are unable to report : the effects of visual masking. In S. DORNIC (Ed.): Attention and performance VI , Hillsdale, N.J : Erlbaum, 1977.

ANDERSON, J.A : Neural models with cognitive implications . In D. LaBERGE & S.J SAMUEL (Eds.) : Basic processes in reading, Hillsdale, N.J : Erlbaum, 1977.

BANKS, W.P, BACHRACH, K.M & LARSON, D.W : The asymetry of lateral interference in visual letter identification. Perception and psychophysics , 1977, 22(3), 232-240 .

BANKS, W.P & SHUGARMAN, S. : Recoding of printed words to internal speech : does recoding come before lexical access. In TZENG, O.J.L & SINGER, H. : Perception of print : reading research in experimental psychology , Hillsdale, New Jersey : Erlbaum, 1981.

BARON, J. : Phonemic stage not necessary for reading. Quarterly journal of experimental psychology, 1973, 25, 241-246 .

BARON, J. & McKILLOP, B.J : Individual differences in speed of phonetic analysis, visual analysis, and reading. Acta Psychologica , 1975, 39, 91-96 .

BARRON, R.W : Visual and phonological strategies in reading and spelling. In FRITH U. : Cognitive processes in spelling , London, Academic Press, 1980 .

BARRON, R.W & HENDERSON, L. : The effects of lexical and semantic information in same-different visual comparisons of words . Memory and cognition , 1977, 5, 566-579 .

BECKER, C.A : Semantic context and word frequency effects in visual word recognition. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1979, 5(2), 252-259 .

BECKER, C.A : Semantic context effects in visual word recognition : an analysis of semantic strategies. Memory and cognition, 1980, 8(6), 493-512 .

BECKER, C.A & KILLION, T.H : Interaction of visual and cognitive effects in word recognition. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1977, 3, 389-401 .

BJORK, E.L & MURRAY, J.T : On the nature of input channels in visual processing. Psychological review , 1977, 84, 472-484 .

BLOMMAERT, F.J.J : Letter recognition at low contrasts : effects of letter size and adaptation level. IPO Annual Progress Report 15 , Eindhoven, 1980 .

BOLUSSET, C., DEVAUCHELLE, P. & COURRIEU P. : Communication homme-terminal : aspects psychophysiologiques de la lecture sur écran . Communication au XVIIIème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française , Paris, Octobre 1982 .

BORSELLINO, A. & POGGIO, T. : Convolution and correlation algebras. Kybernetik , 1973, 13, 113-122 .

BRACEWELL, R. : The Fourier transform and its applications . New York : McGraw-Hill, 1978 .

BREITMEYER, B.G & GANZ, L. : Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking , saccadic suppression, and information processing. Psychological review , 1976, 83, 1-36 .

BROADBENT, D.E & GREGORY, M. : Visual perception of words differing in letter digram frequency. Journal of verbal learning and verbal behavior , 1968, 7, 569-571 .

BUDOHOSKA, W., GRABOWSKA, A. & JABLONOWSKA, K. : Interaction between two letters in visual perception. Acta Neurobiologiae Experimentalis , 1975, 35, 115-123 .

CAVANAGH, P. : Holographic and trace strength models of rehearsal effects in the item recognition task. Memory and cognition, 1976, 4, 186-199 .



CHOMSKY, N. & HALLE, M. (1968) : Principes de phonologie générative . Trad. française P. ENCREVE, Paris, Seuil, 1973 .

COLTHEART, M. : Lexical access in simple reading tasks. In UNDERWOOD G. : Strategies of information processing , London, Academic Press, 1978 .

COLTHEART, M. , DAVELAAR, E. , JONASSON, J. & BESNER, D. : Access to the internal lexicon. In S. DORNIC (Ed.): Attention and performance VII , Hillsdale, N.J : Lawrence Erlbaum, 1977.

COLTHEART, M. & FREEMAN, R. : Case alternation impairs word identification. Bulletin of the Psychonomic Society , 1974, 3, 102-104 '.

CONRAD, R. : Acoustic confusions in immediate memory. British journal of psychology , 1964, 55, 75-83 .

CONRAD, R. : Speech and reading. In J.F KAVANAGH & J.G MATTINGLY: Language by ear and by eye . Cambridge, MIT Press, 1972 .

CORGE, C. : Eléments d'informatique : informatique et démarche de l'esprit . Paris, Larousse, 1975 '.

COURRIEU, P. : Reconnaissance des mots et accès lexical au cours de la lecture . Mémoire de D.E.A, U.E.R de psychologie, Université Aix-Marseille I, Aix-en-Pce, 1980 '.

- DAVELAAR, E. , COLTHEART, M. , BESNER, D. & JONASSON, J. :  
Phonological recoding and lexical access. Memory and cognition,  
1978, 6, 391-402 .
- DENNIS, I. & NEWSTEAD, S.E : Is phonological recoding under  
strategic control ? . Memory and cognition , 1981, 9(5), 472-477.
- EGETH, H. , JONIDES, J. & WALL, S. : Parallel processing of  
multielement displays. Cognitive psychology, 1972, 3, 674-698.
- EGETH, H. & SANTEE, J. : Conceptual and perceptual components  
of interletter inhibition. Journal of experimental psychology :  
Human perception and performance , 1981, 7(3), 506-517 .
- EICH, J. METCALFE : A composite holographic associative recall  
model. Psychological review , 1982, 89(6), 627-661 .
- EVETT, L.J & HUMPHREYS, G.W : The use of abstract graphemic  
information in lexical access. Quarterly journal of experimental  
psychology , 1981, 33A, 325-350 .
- FORSTER, K.I : Accessing the mental lexicon. In WALKER, E.C.T  
& WALES, R.J (Eds.) : New approaches to language mechanisms .  
Amsterdam : North Holland, 1976 .
- FOWLER, C.A , WOLFORD, G. , SLADE, R. & TASSINARY, L. : Lexical  
access with and without awareness. Journal of experimental psy-  
chology : General , 1981, 110(3), 341-362 .

FRAISSE, P. : Le seuil de succession de deux lettres présentées à la même place. L'Année Psychologique , 1970, Fascicule 2.

FREDERIKSEN, J.R : Decoding skills and lexical retrieval . Psychonomic Society , St. Louis, 1976 .

GLEITMAN, H. & JONIDES, J. : The cost of categorization in visual search : incomplete processing of targets and field items. Perception and psychophysics, 1976, 20, 281-288 .

GLEITMAN, H. & JONIDES, J. : The effect of set on categorization in visual search. Perception and psychophysics, 1978, 24, 361-368.

GLUSHKO, R.J : The organization and activation of orthographic knowledge in reading aloud. Journal of experimental psychology: Human perception and performance , 1979, 5(4), 674-691 .

GRABOWSKA, A. : Interaction between visual stimuli as a function of time delay. In Proceedings of the IV<sup>e</sup> Symposium on sensory system physiology : Information processing in visual system , Leningrad, November 1976 '.

GUIBERT, J. : La parole, compréhension et synthèse par les ordinateurs , Le Physicien, Paris, P.U.F, 1979 '.

HALLE, M. & STEVENS, K.N (1964) : Un modèle et un programme de recherche pour l'identification de la parole. Trad. française in MEHLER, J. & NOIZET, G. : Textes pour une psycholinguistique, Paris-La Haye, Mouton, 1974 .



HANSEN, D. & ROGERS, T.S : An exploration of psycholinguistic units in initial reading. In Proceedings of the symposium of the psycholinguistic nature of the reading process , Detroit, 1965.

HARTLINE, H.K : The receptive fields of optic nerve fibers . American journal of physiology , 1940, 130, 690-699 .

HASLERUD, G.H & CLARK, R.E : On the redintegrative perception of words. American journal of psychology , 1957, 70, 97-101 .

HENDERSON, L. & HENDERSON, S.E : Visual comparison of words and random letter strings : effects of number and position of letters different. Memory and cognition , 1975, 3(1), 97-101 .

HOFFMAN, J.E : Search through a sequentially presented visual display. Perception and psychophysics , 1978, 23(1), 1-11 .

HOFFMAN, J.E : A two-stage model of visual search. Perception and psychophysics , 1979, 25, 319-327 .

HOLENDER, D. : Identification of letters in words and of single letters with pre- and postknowledge vs. postknowledge of the alternatives. Perception and psychophysics , 1979, 25(4), 313-318.

HOLENDER, D. : Semantic processing without awareness : a selective review. Paper presented at the meeting Preparatory states and processes , Ann Arbor, Michigan, August 1982 .

HOWES, D.M & SOLOMON, R.L : Visual duration threshold as a function of word-probability. Journal of experimental psychology , 1951, 41, 400-410 '.

HUBEL, D.H & WIESEL, T.N : Receptive fields in single neurones in the cat's striate cortex. Journal of physiology, 1959, 148, 574-591 '.

HUBEL, D.H & WIESEL, T.N : Integrative action in the cat's lateral geniculate body. Journal of physiology, 1961, 155, 385-398 .

HUBEL, D.H & WIESEL, T.N : Receptive fields, binocular interaction, and functional architecture in the cat's visual cortex. Journal of physiology , 1962, 160, 106-123 .

HUBEL, D.H & WIESEL, T.N : Shape and arrangement of columns in cat's striate cortex. Journal of physiology, 1963, 165, 559-568.

HUBEL, D.H & WIESEL, T.N : Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. Journal of physiology , 1968, 195, 215-243 '.

HUBEL, D.H & WIESEL, T.N : Les mécanismes cérébraux de la vision. Pour la science : N° spl. "Le cerveau" , 1979, 25, 79-93 '.

JAMATI, Y. : Quels avantages peut-on attendre de la modélisation en psychologie expérimentale ? Cahiers de psychologie, 1975, 18, 75-94 .

JASTRZEMBSKI, J.E : Multiple meanings, number of related meanings, frequency of occurrence, and the lexicon. Cognitive psychology , 1981, 13, 278-305 .

JOHNSON, N.F : On the function of letters in word identification : some data and a preliminary model. Journal of verbal learning and verbal behavior , 1975, 14, 17-29 .

JOHNSTON, J.C : A test of the sophisticated guessing theory of word perception. Cognitive psychology , 1978, 10, 123-153 .

JOHNSTON, J.C : Effects of advance precuing of alternatives on the perception of letters alone and in words. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1981, 7(3), 560-572 .

JOHNSTON, J.C & McCLELLAND, J.L : Experimental tests of a hierarchical model of word identification. Journal of verbal learning and verbal behavior , 1980, 19, 503-524 .

JONIDES, J. & GLEITMAN, H. : A conceptual categorization effect in visual search : O as letter or digit. Perception and psychophysics, 1972, 12, 457-460 .

JONIDES, J. & GLEITMAN, H. : The benefit of categorization in visual search : target location without identification. Perception and psychophysics , 1976, 20, 289-298 .



KNUTH, D. : L'élaboration des algorithmes. Pour la science , 1981, 45, 56-67 .

KRISTOFFERSON, M.W : When item recognition and visual search functions are similar. Perception and psychophysics , 1972, 12, 379-384 .

KRISTOFFERSON, M.W , GROEN, M. & KRISTOFFERSON, A.B : When visual search functions look like item recognition functions. Perception and psychophysics , 1973, 4, 186-192 .

KUFFLER, S.W : Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. Journal of neurophysiology , 1953, 16, 37-68 .

LECOUTRE, B. : Note sur le calcul de la distribution fiduciaire pour une inférence sur un contraste entre moyennes. Cahiers de psychologie , 1978, 20, N°4 .

LEPINE, D. & ROUANET, H. : Introduction aux méthodes fiduciaires: inférence sur un contraste entre moyennes. Cahiers de psychologie, 1975, 18, 193-218 .

LOGAN, G.D : On the relation between identifying and locating masked targets in visual search. Quarterly journal of experimental psychology , 1975, 27, 451-457 .

LUCE, R.D : Individual choice behavior. New York: Wiley, 1959 .

MARCEL, A. & PATTERSON, K. : Word recognition and production : reciprocity in clinical and normal studies. In J. REQUIN (Ed.): Attention and performance VII , Hillsdale, N.J : Erlbaum, 1978.

MARCUS, S.M : Context-sensitive coding in speech perception : a simulation. IPO Annual progress report 14, 1979, 33-38 .

MARCUS, S.M : ERIS-Context sensitive coding in speech perception. Journal of phonetics , 1981(a), 9, 197-220 .

MARCUS, S.M : Associative coding and word boundary detection. IPO Annual progress report 16 , 1981(b), 49-55 .

MARSHALL, J. : Neuropsychological aspects of orthographic representation. In R. WALES & E. WALKER (Eds.) : New approaches to language mechanisms. Amsterdam, North Holland, 1976 .

MARSLER-WILSON, W. & WELSH, A. : Processing interactions and lexical access during word-recognition in continuous speech . Cognitive psychology , 1978, 10, 29-63 .

MARTIN, D. : Bases de données : méthodes pratiques . Paris , Dunod, 1977.

MAYZNER, M.S & TRESSELT, M.E : Sequential blanking : a function of geometric analysers in the human visual system. Psychonomic Science , 1969, 17(2), 77-78 .

MAYZNER, M.S & TRESSELT, M.E : Visual information processing with sequential inputs : a general model for sequential blanking, displacement, and overprinting phenomena. Annals of the New York Academy of Sciences , 1970, 169, 599-618 .

McCLELLAND, J.L : Preliminary letter identification in the perception of words and nonwords. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1976, 2, 80-91 .

McCLELLAND, J.L & RUMELHART, D.E : An interactive activation model of context effects in letter perception : Part 1 . An account of basic findings. Psychological review, 1981, 88(5), 375-407 .

McCONKIE, G.W & ZOLA, D. : Is visual information integrated across successive fixations in reading ? Perception and psychophysics , 1979, 25(3), 221-224 .

McCULLOCH, W.S & PITTS, W. : Design of machines to simulate the behavior of the human brain. IRE Transaction Electronic Computers , 5/4, 1956 .

McCUSKER, L.X , GOUGH, P.B & BIAS, R.G : Word recognition inside out and outside in. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1981, 7(3), 538-551 .

MEHLER, J. , BEVER, T.G & CAREY, P. : Que regardons nous quand nous lisons ? Trad. française in MEHLER, J. & NOIZET, G. : Textes pour une psycholinguistique, Paris-La Haye, Mouton, 1974.



MEHLER, J. , DOMMERGUES, J.Y , FRAUENFELDER, U. & SEGUI, J. :  
The syllable's role in speech segmentation. Journal of verbal  
learning and verbal behavior , 1981, 20, 298-305 .

METCALFE, J. & MURDOCK, B.B Jr. : An encoding and retrieval  
model of single trial free recall. Journal of verbal learning  
and verbal behavior , 1981, 20, 161-189 .

MEWHORT, D.J.K, HEARTY, P.J & POWEL, J.E : A note on sequen-  
tial blanking. Perception and psychophysics , 1978, 23(2),  
132-136 .

MEYER, D.E & GUTSCHERA, K. : Orthographic versus phonemic pro-  
cessing of printed words. Psychonomic Society , Denver, 1975 .

MEYER, D.E & RUDDY, M.G : Lexical memory retrieval based on  
graphemic and phonemic representations of printed words.  
Psychonomic Society , St Louis, 1973 .

MEYER, D.E & SCHVANEVELDT, R.W : Facilitation in recognizing  
pairs of words : evidence of a dependence between retrieval  
operations. Journal of experimental psychology , 1971,90,227-234.

MEYER, D.E, SCHVANEVELDT, R.W & RUDDY, M.E : Functions of  
graphemic and phonemic codes in visual word recognition.  
Memory and cognition , 1974, 2, 309-321 .

MINSKY, M. & PAPERT, S. : Perceptrons : an introduction to computational geometry . Cambridge : MIT Press, 1969 '.

MORAIS, J., CARY, L., ALEGRIA, J. & BERTELSON, P. : Does awareness of speech as a sequence of phones arise spontaneously ? Cognition , 1979, 7, 323-331 '.

MORTON, J. : Interaction of information in word recognition . Psychological Review , 1969, 76(2), 165-178 .

MORTON, J. : The logogen model and orthographic structure. In FRITH, U. : Cognitive Processes in Spelling , London, Academic Press, 1980 '.

MOUNIN, G. : Clefs pour la linguistique , Paris, Seghers, 1971 '.

MURDOCK, B.B Jr. : A theory of storage and retrieval of item and associative information. Psychological Review , 1982, 89(6), 609-626 '.

MURRELL, G.A & MORTON, J. : Word recognition and morphemic structure. Journal of experimental psychology, 1974, 22, 45-46.

NEILL, W.T : Inhibitory and facilitatory processes in selective attention. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1977, 3, 444-450 '.

NEISSER, U. : Cognitive psychology . New York : Appleton Century Crofts, 1967 .

NELSON, P. : Logique des neurones et du système nerveux . Recherches Interdisciplinaires, Paris, Maloine-Doin, 1978 .

NOIZET, G. : La langue comme système de réponse : effets de rétroaction sur l'activité perceptive. Cahiers de psychologie , 1970, 13, 83-96 .

NOIZET, G. : De la perception à la compréhension du langage . Paris, P.U.F, 1980 .

NOIZET, G. & PYNTE, J. : Implicit labelling and readiness for pronunciation during the perceptual process. Perception , 1976, 5, 217-223 .

ODEN, G.C : A fuzzy logical model of letter identification . Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1979, 5(2), 336-352 .

OLERON, P. : Etude sur l'appréhension des mots. Psychologie Française , 1961, 6, 21-30 .

O'REGAN, K. : Elementary perceptual and eye movement control processes in reading. Sloan Conference on Eye Movement, Amherst, June 1981 .



OFSWITZ, S.E : The effects of word familiarity and letter structure familiarity on the perception of words. P-2820, Santa Monica : Rand Corporation Publications, 1963 '.

PAAP, K.R & NEWSOME, S.L : A perceptual confusion account of the WSE in the target search paradigm. Perception and psychophysics , 1980, 27, 444-456 .

PAAP, K.R, NEWSOME, S.L, McDONALD, J.E & SCHVANEVELDT, R.W : An activation-verification model for letter and word recognition: the Word-Superiority-Effect. Psychological Review , 1982, 89(5), 573-594 .

PATTERSON, K. & MARCEL, A. : Aphasia, dyslexia, and the phonological coding of written words. Quarterly journal of experimental psychology , 1977, 29, 307-318 .

PRING, L. : Phonological codes and functional spelling units : reality and implications. Perception and psychophysics , 1981, 30(6), 573-578 .

PYNTE, J. : Readiness for pronunciation during the reading process. Perception and psychophysics , 1974, 16(1), 110-112 '.

PYNTE, J. : Encodage "verbal" des mots écrits et accès à la signification en vision périphérique droite ou gauche. Bulletin de Psychologie , 1978, Tome XXXII, N°341, 903-910 '.

PYNTE, J., DO, P. & SCAMPA, P. : Les effets de contexte dans l'accès au lexique. Communication aux Journées d'Etude "Accès au Lexique", E.P.H.E., Paris, Septembre-Octobre 1982 .

PYNTE, J. & MASSELOT, M.F : Peut-on obtenir des effets de latéralité dans le champ bi-hémisphérique ? Cahiers de psychologie, 1980, 23, 163-178 .

PYNTE, J. & NOIZET, G. : Traitement visuel et vocal des unités verbales. A.T.P Linguistique 76 : Etude de la lecture , 1975 .

REICHER, G.M : Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. Journal of experimental psychology, 1969, 81, 274-280 .

RICE, G.A & ROBINSON, D.O : The role of bigram frequency in the perception of words and non-words. Memory and cognition , 1975, 3, 513-518 .

RODIECK, R.W : The vertebrate retina : principles of structure and function. Freeman, 1973 .

ROSENBLATT, F. : Principles of neurodynamics. Washington : Spartan Books, 1962 .

RUBENSTEIN, H., GARFIELD, L. & MILLIKAN, J.A : Homographic entries in the internal lexicon. Journal of verbal learning and verbal behavior , 1970, 9, 487-494 .

RUBENSTEIN, H., LEWIS, S.S & RUBENSTEIN, M.A : Evidence for phonemic recoding in visual word recognition. Journal of verbal learning and verbal behavior , 1971, 10, 645-657 .

RUMELHART, D.E & McCLELLAND, J.L : An interactive activation model of context effects in letter perception : Part 2 . The contextual enhancement effect and some tests and extensions of the model. Psychological Review , 1982, 89(1), 60-94 .

RUMELHART, D.E & SIPLE, P. : Process of recognizing tachistoscopically presented words. Psychological Review , 1974, 81, 99-113 .

SAFFRAN, E. & MARTIN, O. : Reading without phonology : evidence from aphasia. Quarterly journal of experimental psychology , 1977, 29, 515-525 .

SAMUEL, A.G, VAN SANTEN, J.P.H & JOHNSTON, J.C : Length effects in word perception : We is better than I but worse than You or Them. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1982, 8(1), 91-105 .

SCARBOROUGH, D.L, CORTESE, C. & SCARBOROUGH, H.S : Frequency and repetition effects in lexical memory. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1977, 3, 1-17 .

SCHILLER, P.H : Backward masking of letters. Percept. Motor Skills , 1965, 20, 47-50 .



SCHILLER, P.H : Forward and backward masking as a function of relative overlap and intensity of test and masking stimuli. Perception and psychophysics , 1966, 1, 161-164 .

SCHNEIDER, W. & SHIFFRIN, R.M : Controlled and automatic human information processing : I. Detection, search and attention . Psychological Review , 1977, 84, 1-66 .

SHAW, P. : Processing of tachistoscopic displays with controlled order of characters and spaces'. Perception and psychophysics , 1969, 6, 257-266 .

SCHUBERTH, R.E & EIMAS, P.D : Effects of context on the classification of words and nonwords'. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1977, 3, 27-36 .

SHULMAN, H.G, HORNAK, R. & SANDERS, E. : The effects of orthographic, phonetic and semantic relationship an access to lexical structures'. Memory and cognition , 1978, 6, 115-123 .

SILVERMAN, W.P : Can words be processed as integrated units ? Perception and psychophysics , 1976, 20(2), 143-152 .

SMITH, F. : Familiarity of configuration vs. discriminability of features in the visual identification of words . Psychonomic Science , 1969, 14, 261-262 .

SMITH, F. : Understanding reading . New York : Holt, Rinehart and Winston, 1971 .

SMITH, F., LOTT, D. & CRONNEL, B. : The effect of the type size and case alternation on word identification . American journal of psychology , 1969, 82, 248-253 .

SNODGRASS, J.G & TOWNSEND, J.T : Comparing parallel and serial models : theory and implementation. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1980, 6(2), 330-354 .

SNYDER, C.R.R : Selection, inspection and naming in visual search. Journal of experimental psychology , 1972, 92, 428-431.

SPERLING, G. : The information available in brief visual presentation. Psychological Monographs , 1960, 74, N°11 .

SPERLING, G., BUDIANSKY, J., SPIVAK, J.G & JOHNSON, M.C : Extremely rapid visual search : the maximum rate of scanning letters for the presence of a number. Science, 1971, 174, 307-311.

SPOEHR, K.T & SMITH, E.E : The role of syllables in perceptual processing. Cognitive psychology , 1973, 5, 71-89 .

SPOEHR, K.T & SMITH, E.E : The role of orthographic and phonotactic rules in perceiving letters patterns. Journal of experimental psychology : Human perception and performance , 1975, 1, 21-34 .

STANOVICH, K.E & WEST, R.F : Mechanisms of sentence context effects in reading : automatic activation and conscious attention. Memory and cognition , 1979, 7(2), 77-85 .

STROKE, G.W : An introduction to coherent optics and holography. New York : Academic Press, 1969 '.

STROOP, J.R : Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of experimental psychology , 1935, 18, 643-661 '.

TAYLOR, J.A, MILLER, T.J & JUOLA, J.F : Isolating visual units in the perception of words and non-words. Perception and psychophysics , 1977, 21, 377-386 .

TOWNSEND, J.T : A note on the identifiability of parallel and serial processes. Perception and psychophysics , 1971, 10, 161-163 '.

TOWNSEND, J.T : Some results on the identifiability of parallel and serial processes. British journal of mathematical and statistical psychology , 1972, 25, 168-199 '.

TRAVERS, J.R : Forced serial processing of words and letter strings : a reexamination. Perception and psychophysics , 1975, 18(6), 447-452 .

UNAMSKY, J.A & CHAMBERS, S.M : Letters and words in word identification. Memory and cognition , 1980, 8(5), 433-446 '.



VAN NES, F.L & JACOBS, J.C : The effect of contrast on letter and word recognition. IPO Annual progress report 16, 1981 '.

WEST, R.F & STANOVICH, K.E : Automatic contextual facilitation in readers of three ages. Child Development , 1978, 49, 717-727.

---